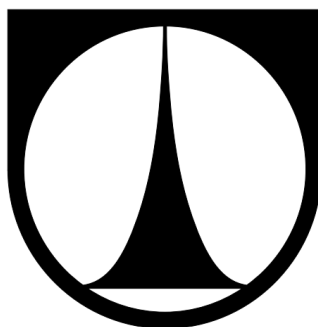


TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta mechatroniky, informatiky a mezioborových studií



Vizualizace a řízení modelu dopravníku pomocí PAC Rockwell

Diplomová práce

Liberec 2012

Bc. Jakub Týmł

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta mechatroniky, informatiky a mezioborových studií

Studijní program: N2612 – Elektrotechnika a informatika

Studijní obor: 1802T007 – Informační technologie

Vizualizace a řízení modelu dopravníku pomocí PAC Rockwell

Visualization and Control of the Conveyer by PAC Rockwell

Diplomová práce

Autor:	Bc. Jakub Tymł
Vedoucí práce:	Ing. Petr Mrázek, Ph.D.
Konzultant:	Ing. Jan Koprnický, Ph.D.

V Liberci 3. ledna 2012



Originál zadání 1



Originální zadání 2



Prohlášení

Byl jsem seznámen s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 o právu autorském, zejména § 60 (školní dílo).

Beru na vědomí, že TUL má právo na uzavření licenční smlouvy o užití mé diplomové práce a prohlašuji, že **s o u h l a s í m** s případným užitím mé diplomové práce (prodej, zapůjčení apod.).

Jsem si vědom toho, že užít své diplomové práce či poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem TUL, která má právo ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, vynaložených univerzitou na vytvoření díla (až do jejich skutečné výše).

Diplomovou práci jsem vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím diplomové práce a konzultantem.

Datum: 3. února 2012

Podpis:



Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval všem, kteří se zasloužili o vznik mé diplomové práce a předali mi své bohaté znalosti a zkušenosti.

Jmenovitě bych rád poděkoval vedoucímu své diplomové práce Ing. Petru Mrázkovi, Ph.D. za odborné vedení práce, cenné rady a připomínky. Dále bych rád poděkoval konzultantovi Ing. Janu Koprnickému, Ph.D. za obětavou odbornou pomoc v praktické části práce.



Abstrakt

Diplomová práce se zabývá řízením a vizualizací modelu dopravníku, který plní funkci třídící linky. Model dopravníku dokáže třídit válečky, jejichž rozdíl výšky je v řádech setin milimetru. Řízení je zajištěno programovatelným automatem 1756-L63 od společnosti Allen-Bradley. Úkolem práce je vytvořit software ve vývojovém prostředí RSLogix, který bude plnit výše popsanou funkci, a navrhnout vizualizaci tohoto procesu v prostředí RSView.

V práci jsou nejprve popsány dílčí části potřebné pro zapojení a oživení modelu dopravníku. Druhá část je zaměřena na softwarovou realizaci programu a vizualizaci procesu ve výše uvedených vývojových prostředích. Poslední část je věnována úloze do výuky.

Klíčová slova: model dopravníku, třídící linka, PAC, Allen-Bradley, RSLogix, RSView.

Abstract

This diploma thesis deals with control and visualization of the conveyor model which performs the function of the sorting line. The conveyor model is able to sort rollers whose height difference is in the order of hundredths of millimeters. The control is provided by programmable machine 1756-L63 from Allen-Bradley company. The task of the diploma thesis is to create software in the RSLogix developmental environment, which will fulfill the function described above and the visualization design of the process in RSView environment.

The partial parts required for connection and recovery of the conveyor model are described at first in the work. The second part is focused on the software implementation of the program and the visualization of the process in development environments mentioned above. The last part is devoted to the teaching assignment.

Keywords: conveyor model, sorting line, PAC, Allen-Bradley, RSLogix, RSView.



Obsah:

Prohlášení.....	4
Poděkování.....	5
Abstrakt.....	6
Seznam symbolů, zkratk a termínů	10
Úvod.....	12
1 PLC	13
1.1 Definice PLC.....	13
1.2 PLC a jeho části	13
1.3 Historie.....	13
1.4 Základní rozdělení.....	14
1.4.1 Kompaktní PLC	14
1.4.2 Modulární PLC	15
1.5 Vnitřní struktura typického PLC	17
1.6 PLC komunikace	18
1.7 Jazyky pro programování PLC.....	19
1.7.1 Jazyk Ladder Diagram	19
1.7.2 Jazyk funkčního blokového schématu	20
1.7.3 Jazyk seznamu instrukcí	20
1.7.4 Jazyk strukturovaného textu	21
1.7.5 Sekvenční funkční diagram	21
1.8 Požadavky na PLC	22
1.9 Známí výrobci PLC.....	23
1.10 PAC Allen-Bradley	23
1.11 Hlavní výhody a nevýhody programovatelných automatů.....	23
1.12 Použité PLC moduly.....	25
2 Pohony	26
2.1 Rozdělení pohonů.....	26
2.2 Elektrické pohony	26
2.3 Pneumatické pohony	27
2.3.1 Pneumatické válce	27
2.3.2 Pneumatické ventily.....	29



3	Čidla.....	30
3.1	Čidlo E2EL-X1R5F1 2M.....	30
3.1.1	Princip činnosti	30
3.2	Čidlo E3Z-L81 2M.....	31
3.2.1	Princip činnosti	31
3.3	Čidlo SMAT-8E-S50-IU-M8	32
3.3.1	Princip činnosti	32
3.4	Čidlo SME-8-K-LED-24.....	33
4	Model dopravníku.....	34
4.1	Popis činnosti modelu dopravníku	34
4.2	Čelní panel	36
4.2.1	Návrh	37
4.2.2	Schéma zapojení	37
4.3	Elektrické zapojení.....	38
4.3.1	Prodlužovací kabel.....	39
4.3.2	Model dopravníku.....	39
4.3.3	PLC automat	40
4.3.4	Svorkovnice uvnitř podstavy modelu	40
4.3.5	Jednotlivé komponenty	44
4.3.6	Napájení	44
4.4	Pneumatické zapojení.....	45
5	Softwarová realizace.....	47
5.1	Vývojové prostředí RSLogix	47
5.1.1	Spuštění vývojového prostředí.....	47
5.1.2	BOOTP/DHCP Server	47
5.1.3	RSLink Classic Professional.....	48
5.1.4	RSLogix 5000.....	49
5.2	Vývojový diagram a popis programu.....	51
5.2.1	Proměnné	51
5.2.2	Vývojový diagram	52
5.2.3	Doplňkový popis programu	53
5.2.4	Možné nepřesnosti	55
5.2.5	Výška válečku a možné zkrácení.....	55
5.3	Vývojové prostředí RSView	57



5.3.1	Navázání komunikace	58
5.3.2	Tvorba nového displeje.....	59
5.3.3	Tvorba vlastního programu.....	59
5.3.4	Vlastnosti objektu	60
5.3.5	Převod na spustitelný soubor pro PanelView	63
5.3.6	Problém s kompatibilitou.....	63
5.3.7	PanelView	64
5.4	Vizualizace a obsluha třídící linky	64
6	Úloha do výuky.....	67
6.1	Úkoly pro studenty	67
	Závěr	69
	Literatura.....	71
	 Příloha A: Zásuvný modul 1756-IB32/B	74
	Příloha B: Zásuvný modul 1756-OB16E	75
	Příloha C: Zásuvný modul 1756-OB32	76
	Příloha D: Zásuvný modul 1756-IF6CIS	77
	Příloha E: Schéma zapojení stanoviště dopravníkového pásu	78
	Příloha F: Schéma zapojení stanoviště vstupního zásobníku	78
	Příloha G: Schéma zapojení kontrolního stanoviště	79
	Příloha H: Schéma zapojení stanoviště vyhazovače	80
	Příloha I: Tabulka proměnných v programu RSLogix	81
	Příloha J: Vývojový diagram pro provoz modelu dopravníku	83
	Příloha K: Program v jazyce LD.....	85
	Příloha L: Tabulka jednotlivých částí modelu dopravníku.....	88
	Příloha M: Tabulka propojení mezi PLC a modelem	89
	Příloha N: Obsah přiloženého DVD	90



Seznam symbolů, zkratk a termínů

Symbol	Jednotka	Popis
<i>AC</i>		střídavé napájení
<i>AI</i>		Analog Input (analogové vstupy)
<i>AO</i>		Analog Output (analogové výstupy)
<i>CNC</i>		Computer Numerical Control
<i>CPU</i>		Central Procesor Unit (centrální řídicí jednotka)
<i>CYA</i>		označení vodiče s ohebným jádrem
<i>DC</i>		stejnosměrné napájení
<i>DI</i>		Digital Input (digitální vstupy)
<i>DIV</i>		blok pro dělení v LD
<i>DO</i>		Digital Output (digitální výstupy)
<i>EEPROM</i>		Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory
<i>EPROM</i>		Erasable Programmable Read-Only Memory
<i>FBD</i>		Function Block Diagram (jazyk funkčních bloků)
<i>FM</i>		Function Blocks (funkční bloky)
<i>GND</i>		zemnicí vodič
<i>GSM</i>		Global System for Mobile Communications
<i>IL</i>		Instruction List (jazyk seznamu instrukcí)
<i>IPC</i>		řídicí počítač využívaný v průmyslové automatizaci
<i>LD</i>		Ladder Diagram (jazyk kontaktních schémat)
<i>LIM</i>		blok pro zobrazení limitu v LD
<i>NC</i>		Normally Closed (normálně uzavřený)
<i>NO</i>		Normally Open (normálně otevřený)
<i>OS</i>		operační systém
<i>PAC</i>		Programmable Automation Controller (programovatelný řídicí automat)
<i>PC</i>		osobní počítač
<i>PLC</i>		Programmable Logic Controller (programovatelný logický automat)
<i>PUN</i>		označení PVC hadiček
<i>RAM</i>		Random Access Memory



Symbol	Jednotka	Popis
<i>SAK</i>		typ svorkovnice
<i>SFC</i>		Sequential Function Chart (jazyk sekvenčního funkčního diagramu)
<i>ST</i>		Structured Text (jazyk strukturovaného textu)
<i>SUB</i>		blok pro odčítání v LD
<i>tag</i>		proměnná
<i>TCP/IP</i>		Transmission Control Protocol/Internet Protocol
<i>Wi-Fi</i>		Wireless Fidelity
<i>X1 – X8</i>		svorkovnice na modulu dopravníku
<i>d</i>	[mm]	délka
<i>h_c</i>	[-]	bezrozměrná výška válečku
<i>h_{mm}</i>	[mm]	výška válečku v mm
<i>I</i>	[A]	elektrický proud
<i>k</i>	[-]	konstanta pro přepočet výšky válečku
<i>P</i>	[W]	výkon
<i>p</i>	[bar]	tlak (1 bar = 100 000 Pa = 0,987 atm)
<i>t</i>	[s]	čas
<i>U</i>	[V]	elektrické napětí



Úvod

V dnešní době jsou programovatelné automaty nejrozšířenějšími produkty průmyslové automatizace. Lze se s nimi setkat v nejrůznějších odvětvích průmyslové výroby, ale díky široké škále typů je lze využívat i pro jiné než výrobní účely. Důkazem toho jsou stále se rozšiřující oblasti jejich využití, jako jsou například inteligentní domy apod.

Model dopravníku simuluje třídící linku, která třídí válečky dle zadaných požadavků. Protože programovatelné automaty a použitá čidla pracují s vysokou přesností, je možné rozlišit i válečky s rozdílem výšky v řádech setin milimetru. Model dopravníku je vyroben společností STROZA s.r.o. a je osazen pneumatickými prvky a čidly od výrobců FESTO a OMRON. Pro jeho řízení je použit programovatelný automat 1756-L63 od společnosti Allen-Bradley.

Diplomová práce pojednává o návrhu dvou programů. Ve vývojovém prostředí RSLogix, konkrétně v jazyce Ladder diagram, je pomocí vstupů, výstupů, časovačů a dalších funkcí vytvořen program pro provoz modelu dopravníku. Některé proměnné jsou pro větší názornost zpracovány i v jazyce Function block diagram. Oba tyto jazyky upravuje norma IEC 61131. Druhým programem je realizována vizualizace činnosti třídění válečků ve vývojovém prostředí RSView. Zde je vytvořen grafický návrh, který simuluje činnost třídící linky a je možné ji v něm i ovládat.

Práce je rozdělena do šesti hlavních částí. V první části jsou popsány programovatelné logické automaty a jazyky pro jejich programování a použité moduly pro řízení modelu dopravníku. Druhá část charakterizuje použité elektrické a pneumatické pohony. V třetí části jsou uvedena čidla a jejich popis činnosti. Čtvrtá část popisuje funkce modelu dopravníku a návrh čelního panelu včetně elektrického zapojení. Pátá část je věnována softwarové realizaci činnosti modelu dopravníku a její vizualizaci. V poslední části je vytvořena vzorová úloha pro účely výuky předmětu *Prostředky automatického řízení*, kde si studenti budou moci vyzkoušet jednotlivé funkce modelu dopravníku a navrhnout zjednodušené řízení.



1 PLC

V této kapitole je vysvětleno, co je vlastně PLC automat, je naznačeno základní rozdělení PLC automatů z pohledu diplomové práce a poukázáno na jejich hlavní výhody a nevýhody. Dále jsou zmíněny základní programovací jazyky dle normy IEC 61131-3 a významní výrobci v oblasti výroby programovatelných automatů.

1.1 Definice PLC

„Programovatelný logický automat, neboli PLC (z anglického Programmable Logic Controller), je relativně malý průmyslový počítač, používaný pro automatizaci procesů v reálném čase – řízení strojů nebo výrobních linek v továrně. Pro PLC je charakteristické, že se program vykonává v tzv. cyklech. V moderním pojetí je výraz PLC nahrazován výrazem PAC (z anglického Programmable Automation Controller), i když označení PLC je celosvětově hojně rozšířené a udrží se i nadále.“ [3]

1.2 PLC a jeho části

Programovatelné automaty zpracovávají program cyklicky a jejich periferie jsou přímo uzpůsobeny pro napojení na technologické procesy, tím se liší od běžných počítačů.

Jednotlivé periferie zpracovávající signál jsou tvořeny digitálními vstupy (DI) a digitálními výstupy (DO), popř. analogovými vstupy (AI) a analogovými výstupy (AO) pro zpracování spojitých signálů. S rozvojem průmyslové automatizace je použita řada dalších periferních modulů připojitelných k PLC. Ty jsou pak nazývány jako funkční bloky (FM), např. pro polohování, pro sběr a přenos dat a další specifické moduly závislé na výrobci konkrétního systému. [2]

1.3 Historie

Před zavedením PLC byly k řízení strojů používány reléové systémy. Ty byly složité, změna řídicí funkce obtížná, náklady na jejich údržbu vysoké a časově náročné. Tyto systémy také pomalu přestaly dostávat požadavkům tehdejší výroby. Proto přední výrobce automobilů v USA, společnost General Motors, vyhlásila soutěž na zařízení, které by nahrazovalo dosavadní reléové systémy. Vítězný návrh představila 1. ledna 1968 asociace Bedford Associates, Massachusetts jako modulární digitální



regulátor s označením 084 (84. projekt Bedford Associates). Tato společnost poté začala s výrobou a prodejem těchto zařízení. Za „otce“ PLC je považován Dick Morley, který na tomto projektu spolupracoval s dalšími vývojáři, jako byl např. Odo Struger. Ten se podílel i na vynálezu programovatelného automatu Allen-Bradley, nyní Rockwell Automation. [9], [10]

Mimo reléové systémy se v té době k automatickému řízení využívaly také počítače, které byly univerzálnějším prostředkem. I přesto, že jejich výkon a spolehlivost rostla a cena klesala, bylo v 70. letech více než 60 % počítačových automatizovaných systémů neúspěšných. Proto v tomto období přišly na trh logické procesory. V průběhu 80. let dosáhl vývoj relativně ustáleného stavu a pro tyto procesory se vžil výraz PLC. [11]

Produkt PLC vznikl na konci 60. let 19. století a po 35 letech to byl pravděpodobně nejpoužívanější produkt v průmyslové automatizaci na světě s obratem několika miliard dolarů ročně. Toto prvenství si i nadále udržuje. [9]

1.4 Základní rozdělení

Z hlediska konstrukce jsou PLC rozdělena do dvou základních skupin a to na kompaktní PLC a modulární PLC. Tato kapitola čerpá z literatur [1], [3].

1.4.1 Kompaktní PLC

Kompaktní systém je takový systém, jehož jeden modul obsahuje všechny periferie potřebné k zajištění správné funkčnosti. Tedy CPU (Central Procesor Unit), digitální a analogové vstupy a výstupy, základní podporu komunikace a v některých případech i zdroj.

PLC v kompaktním provedení nabízí určitou variabilitu. Ta je ovšem omezena volbou konfigurace. Uživatel může k základnímu modulu připojovat přídatné moduly, ale pouze z omezeného sortimentu s pevnou kombinací vstupů a výstupů. Proto je rozšiřitelnost kompaktních systémů značně omezena.



Existují i kompaktní systémy, které se navíc vyznačují tzv. vnitřní modulárností. Znamená to, že konfiguraci základního modulu lze sestavit osazením základní desky násuvnými moduly vhodného typu, tzv. piggybacky¹.

Speciální skupinou kompaktních PLC jsou tzv. mikro PLC. Tato skupina se vyznačuje minimálními rozměry a velmi nízkou cenou oproti svým kompaktním kolegům. Naproti tomu však disponuje značnou nevýhodou. Uživatel je nucen rozhodnout se, jaký typ systému bude používat a ten v budoucnu již nelze dále rozšířit. Dalším vykoupením za miniaturnost a nízkou cenu je nepříliš vysoká přívětivost uživatelského prostředí. Tato PLC nižší kategorie jsou používána především v logické výbavě jednoduchých strojů a jsou nahrazována i v jednoduchých aplikacích za velký počet ovládacích prvků, jako jsou například relé a stykače.



Obr. 1.1: Kompaktní PLC značky Omron [5]

1.4.2 Modulární PLC

Modulární systém se vyznačuje tím, že jednotlivé komponenty celku jsou rozděleny do individuálních modulů, jako je např. modul zdroje, CPU, vstupů, výstupů a dalších funkčních modulů. Tyto moduly pak tvoří ucelený systém. Díky tomu je možné modulární systémy dále rozšiřovat v nepoměrně větším rozsahu než kompaktní

¹ Násuvné moduly piggyback bývají řešeny jako malý plošný spoj s jedním nebo několika integrovanými obvody a konektorem.



systemy. Je zde pouze limitace reálné výstavby každého systému. Další výhodou modulárního systému je možnost připojení rozšiřujících modulů a to až na vzdálenosti stovek metrů. Nebo mohou být místo rozšiřujících modulů připojeny celé podsystémy, čímž lze efektivně strukturovat různé distribuované systémy.



Obr. 1.2: Modulární PLC značky Allen-Bradley

Sortiment rozšiřujících modulů je pestrý a každý výrobce je schopen vyrobit rozšiřující modul přímo pro konkrétní aplikaci, dle požadavků zákazníka. Takové rozšiřující moduly jsou nazývány jako specializované. Protože tyto moduly jsou výhradně přizpůsobeny svému určení, nejsou příliš univerzální, jako je tomu u ostatních modulů.

Základními typy rozšiřujících modulů, které jsou u drtivé většiny výrobců totožné nebo velice podobné, jsou například:

- **Digitální moduly**

Tyto moduly jsou také nazývány jako binární. Zpracovávají nespojité signály. Moduly jsou v provedení vstupů i výstupů a jsou zpravidla galvanicky odděleny, což slouží k zamezení rušivých signálů, které by jinak mohly do systému proniknout. Vstupy i výstupy mohou být stejnosměrné, střídavé, ale i kombinací předešlých dvou.

- **Analogové moduly**

Analogové moduly zpracovávají spojité signály získané např. z čidel, snímačů nebo akčních členů. Moduly jsou opět v provedení vstupů i výstupů jako u binárních modulů.



- **Čítací a polohovací moduly**

Tyto prvky se používají tam, kde je zapotřebí vyhodnocovat rychlé sledy impulzů, takže jsou určeny pro rychlé čítání, pro měření polohy a pohybu přírůstkovými i absolutními snímači, pro nastavení polohy a řízení pohybu po naprogramované dráze. Využití nacházejí především při řešení úloh geometrického charakteru (měření úhlu a polohy, rychlosti a zrychlení, řízení pohybu po požadované dráze). Díky těmto modulům tak PLC může realizovat obdobné úlohy jako systémy CNC. To je vhodné např. při řízení jednoúčelových strojů a pomocných mechanismů, kde je použití standardních CNC systémů nevhodné a drahé (CNC jsou určeny pro tradiční obráběcí a tvářecí stroje).

- **Komunikační moduly**

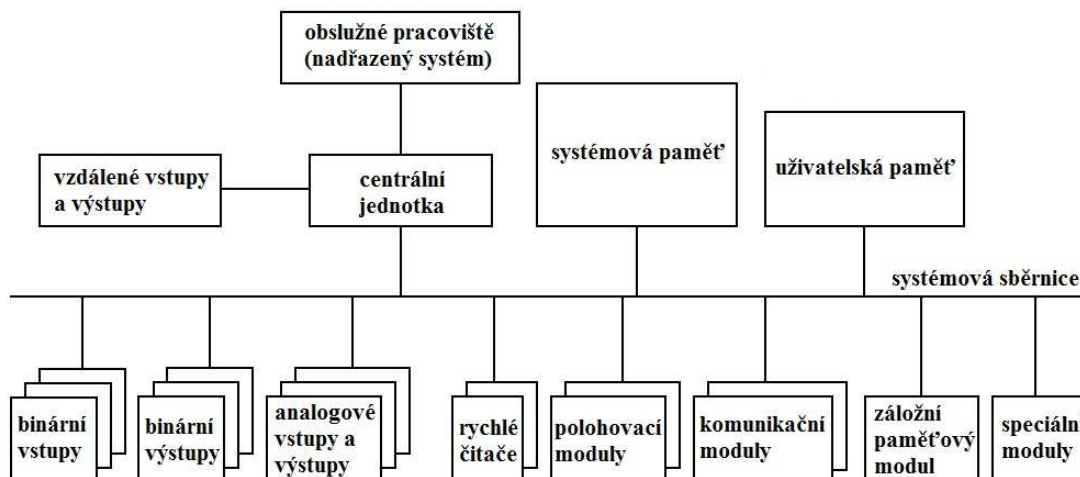
Komunikačními moduly nazýváme takové moduly, které zajišťují komunikaci mezi PLC a např. počítačem. Ve velké míře jsou využívány moduly s ethernetovým přístupem, které jsou připojovány klasickým ethernetovým kabelem mezi PLC a počítačem, popř. switchem.

- **Počítačové moduly**

Pro některé úlohy, jako jsou např. složité a rychlé výpočetní algoritmy, grafické a geometrické úlohy, zpracování a archivace velkého množství dat apod., jsou PLC nevhodná. Někteří výrobci programovatelných automatů ale nabízejí počítačové moduly, kompatibilní s PC. V nich je možné tyto úlohy standardními počítačovými prostředky řešit.

1.5 Vnitřní struktura typického PLC

Na obrázku 1.3 je blokově znázorněna struktura obecného programovatelného automatu. Tato struktura může být ve skutečném provedení odlišná v závislosti na daném výrobcí. [1] Obrázek 1.3 vychází z použité literatury [1], byl ovšem přepracován do obecnější podoby.



Obr. 1.3: Blokové schéma vnitřní struktury PLC

Páteř každého logického automatu je tvořena systémovou sběrnicí. Ta zajišťuje komunikaci mezi centrální řídicí jednotkou CPU a systémovou pamětí, uživatelskou pamětí nebo ostatními výstupy, popř. doplňkovými moduly. S centrální jednotkou komunikuje uživatel nebo jiný nadřazený systém.

V systémové paměti je výrobcem nahrán operační systém, firmware, ke kterému uživatel nemá přístup a nemůže ho měnit. Proto jsou většinou použity paměti typu EPROM popř. EEPROM, které jsou určeny pouze ke čtení. Vyznačují se omezeným počtem zápisů a při přeprogramování je nutné smazat celý jejich obsah ultrafialovým zářením popř. elektrickým signálem.

V uživatelské paměti lze nalézt tzv. soubor procesů. Tato paměť je určena především pro uživatele. Zde je nejčastěji použita paměť RAM a to z toho důvodu, že do této paměti lze libovolně zapisovat a také z ní číst. Tato paměť je většinou zálohována baterií nebo velkokapacitním kondenzátorem.

Paměť dat je určena pro systémové a uživatelské registry, zásobníkové registry, čítače, časovače atd. I zde se používají paměti typu RAM.

1.6 PLC komunikace

Soudobé programovatelné automaty mohou komunikovat se svým okolím různými typy průmyslových sběrnic a to např. Modbus, Profibus, Interbus, CAN, DeviceNet atd. Nebo standardními rozhraními RS-232, RS-485, USB, optickými kabely, bezdrátovou komunikací na bázi infračerveného světla nebo mikrovln, mobilní

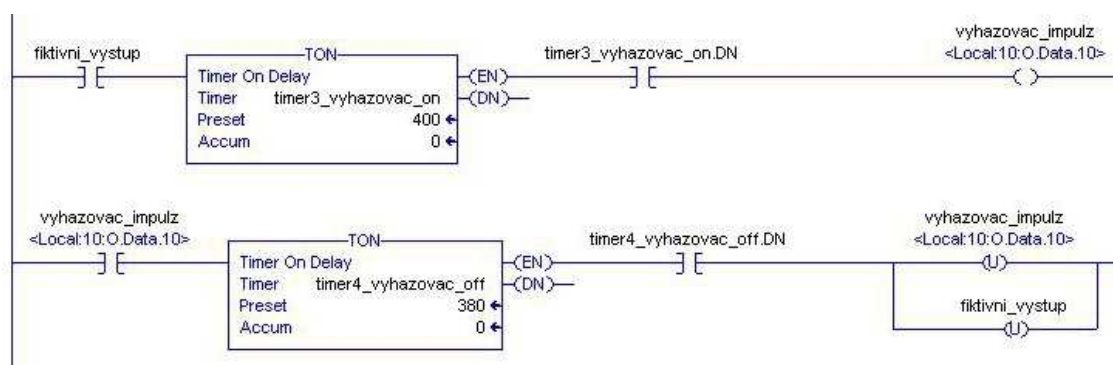
komunikace prostřednictvím sítě GSM, Wi-Fi apod. [7] Neexistuje však žádný standard a každý typ rozhraní je závislý na místě použití daného programovatelného automatu. Avšak Ethernet, využívající vrstvu TCP/IP, je pro komunikaci využíván stále častěji. Tato komunikace nemusí být nutně v rámci sítě Internet. Z hlediska bezpečnosti lze využít také síť intranet.

1.7 Jazyky pro programování PLC

V rámci normy IEC 61131-3 jsou doporučovány čtyři základní programovací jazyky s přesně vymezenými sémantickými a syntaktickými pravidly. Jsou to jazyky kontaktních schémat (LD), funkčního blokového schématu (FBD), seznamu instrukcí (IL) a jazyk strukturovaného textu (ST). Za pátý programovací jazyk je často uváděn i sekvenční funkční diagram (SFC) i přesto, že není zahrnut v normě mezi programovací jazyky, ale mezi tzv. společnými prvky, neboť tvoří jakousi nadstavbu pro strukturování celé aplikace. [8]

1.7.1 Jazyk Ladder Diagram

Jedná se o grafický jazyk, který je také někdy nazýván jazykem kontaktních schémat, popř. jazyk příčkového diagramu. Je založen na grafické reprezentaci reléové logiky, která se skládá z několika po sobě jdoucích příček. Na levé i pravé straně jsou svislé čáry, reprezentující levou a pravou napájecí sběrnici. Mezi těmito sběrnicemi jsou vodorovné příčky, které mohou být rozvětveny a představují propojovací vodiče. Každý úsek příčky, vodorovný nebo svislý, může být ve stavu ON nebo OFF. Do těchto příček mohou být zařazeny různé druhy kontaktů (spínací, rozpínací apod.), cívek, funkčních bloků plnících nejrůznější funkce atd. Tento celek propojených grafických prvků je nazýván sítí. [8], [18]

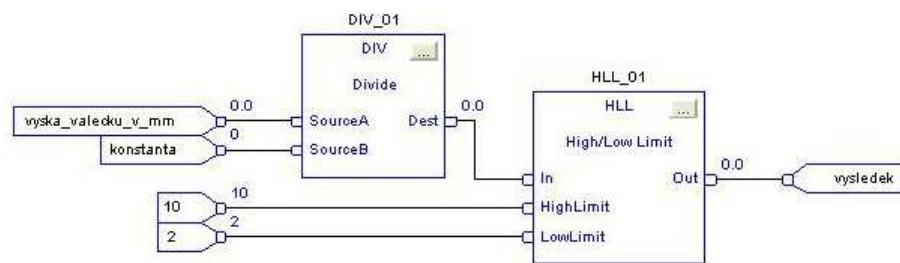


Obr. 1.4: Ukázka grafického jazyka Ladder Diagram



1.7.2 Jazyk funkčního blokového schématu

Druhým grafickým jazykem je FBD (Function Block Diagram). Jeho základem jsou jednotlivé funkční bloky plnící specifické funkce. Tyto bloky mají nejčastěji tvar obdélníku a jejich velikost je závislá na počtu vstupů. Jednotlivé funkční bloky jsou mezi sebou graficky provázány, podobně jako v elektronických obvodových diagramech. Jedná se o síť prvků zpracovávající signály. Jsou zde používány standardní funkční bloky, jakými jsou např. bistabilní prvky, prvky pro detekci náběžné a sestupné hrany, čítače, časovače, ale i aritmetické logické instrukce apod. Je-li potřeba, jsou tyto bloky doplňovány ještě speciálními bloky. Každá firma nabízí ve svém programovacím prostředí trochu odlišný soubor bloků (např. spínací hodiny týdenní, roční, generátory impulzů, komparátory apod.). [8]



Obr. 1.5: Ukázka jazyka funkčních bloků FBD

1.7.3 Jazyk seznamu instrukcí

Jazyk IL (Instruction List) je jazykem textovým, také označován jako jazyk pokynů (povelů), popř. mnemokódů. Seznam instrukcí je blízký seznamu instrukcí v assembleru. Programová organizační jednotka je složena ze sekvence instrukcí, z nichž každá začíná na novém řádku a je oddělena středníkem. Může obsahovat návěští ukončené dvojtečkou, operátor (např. AND, ADD, CAL apod.), který může být doplněn tzv. modifikátorem, operandem nebo také komentářem. Pomocí modifikátorů je možné vyjádřit negace, podmíněnost a nepodmíněnost instrukce skoků, volání a prioritu. [8]

```

1  LD    %IX0.2
2  AND   %IX0.3
3  OR    Action_INIT
4  ST    IL_VAR
5
6  LD    Input_IX0_0
7  JMP   MANUAL
8
9  (*Timer FB TON*)
10 LD    Timer_start
11 ST    TON_IL.IN
12 LD    PT_TON_IL
13 ST    TON_IL.PT
14 CAL   TON_IL
15 LD    TON_IL.Q
16 ST    Action_INIT
17 STN   Timer_start
18 LD    TON_IL.ET
19 ST    Timer_value
20

```

Obr. 1.6: Ukázka jazyka seznamu instrukcí [24]

1.7.4 Jazyk strukturovaného textu

Textový jazyk ST (Structured Text) je podobný vyšším programovacím jazykům, jako jsou např. Pascal nebo C. Po vyhodnocení výrazu vyjde hodnota, která musí být definována určitým datovým typem. Výraz se skládá z operátorů a operandů. Operandem může být konstanta, proměnná, funkce nebo jiný výraz. Operátory jsou definovány pro sedmáct typů operací (vyhodnocení funkce, negace, násobení, booleovské funkce AND, OR, XOR apod.). Dále je definováno deset typů příkazů (přiřazení, vyvolání funkce, návrat, výběr apod.). Jednotlivé příkazy jsou odděleny středníkem a je možné jich psát více na jeden řádek. Jazyk ST je vhodným nástrojem pro definování komplexních funkčních bloků, které pak mohou být použity v libovolném programovacím jazyce. [8]

```

PROGRAM AUTOMAT
USES CRT;
VAR
  K : CHAR;
BEGIN
  CLRSCR;
  WRITELN ('DVOUTL. OVLADANI SPOTREBICE:S=START,Q=STOP,X=KONEC
PROGRAMU');
  REPEAT
    K := READKEY;

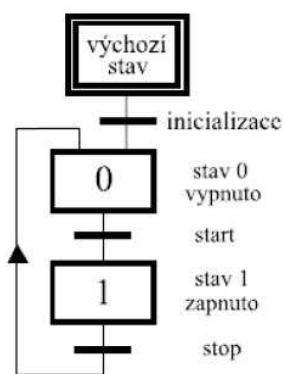
```

Obr. 1.7: Ukázka jazyka strukturovaného textu [25]

1.7.5 Sekvenční funkční diagram

SFC (Sequential Function Chart) není programovací jazyk pro PLC, i když je za něj mnohdy považován, ale popisuje sekvenční chování řídicího programu a tím tvoří

náhled pro strukturování celé aplikace. Je odvozen ze symboliky Petriho sítí, ale liší se od nich tím, že grafická reprezentace se zde převádí přímo do souboru výkonných řídicích prvků. Diagram strukturalizuje vnitřní organizaci programu a umožňuje rozložit úlohu řízení na jednodušší dílčí části. Sekvenční funkční diagram je realizován z kroků a přechodů. Každý krok představuje stav systému. Za jednotlivými kroky jsou bloky s podmínkami, které musí být splněny, aby mohl být deaktivován krok, který přechodu předchází a aktivován krok následující. Každý přechod i blok, může být naprogramován v libovolném jazyce definovaném normou, včetně vlastního SFC. K základním strukturám SFC patří lineární sekvence, alternativní větvení se spojením alternativních větví a paralelní souběh více větví s jejich následnou synchronizací. [8]



Obr. 1.8: Ukázka programu SFC [25]

1.8 Požadavky na PLC

Požadavků na programovatelné automaty je mnoho a liší se v závislosti na typu řízené aplikace, nebo třeba na místě činnosti programovatelného automatu. Základní požadavky na PLC automaty jsou ale následující tři:

- **Robustnost** – programovatelné automaty jsou konstruovány tak, aby mohly pracovat i v nejobtížnějších provozních podmínkách. To klade vysoké nároky na jejich odolnost vůči vlivům prostředí, jako jsou např. teplota, vlhkost, prašnost, otřesy apod. Mimořádný důraz je také kladen na odolnost proti rušení. [12]
- **Rychlost** – PLC jsou speciálně konstruovány především pro řešení logických úloh, proto jsou pro tyto úlohy rychlejší než řídicí počítače. [12]
- **Jednoduchost údržby v provozu** – PLC nevyžadují žádné nebo velmi malé náklady na údržbu v začleněném provozu.



1.9 Známí výrobci PLC

Na našem trhu je možné se nejčastěji setkat s programovatelnými automaty těchto světových výrobců (řazeno abecedně): ABB, B+R, Eberle, Festo, GE Fanuc, H+B, Idec, Klockner Moeller, Matsushita, Mitsubishi, Omron, Rockwell Automation, Saia, Siemens, Schneider Electric a českého výrobce Teco. [1]

Mezi tři největší dodavatele, dosahují na svém vnitřním trhu více než 50 % celkového podílu obchodu s programovatelnými automaty, patří:

- Evropa – Siemens,
- Severní Amerika – Rockwell Automation (Allen-Bradley),
- Japonsko – Mitsubishi. [2]

Mezi dodavateli je v současnosti jedničkou na světovém trhu firma Siemens, která má asi 30% podíl na tomto trhu. Menší dodavatelé (výrobci) jsou stavěni do nepříjemné pozice, kdy uživatelé, kteří nemají takový přehled o programovatelných automatech, dají při svém výběru raději přednost známým značkám, popř. značkám, kterými jsou již vybaveny jiné provozovny v okolí. Příkladem této svízelné situace může být česká společnost TECO, která i přesto, že nabízí kvalitní výrobky, hledá si cestu na světový trh velmi obtížně. [2]

1.10 PAC Allen-Bradley

Programovatelný automat, použitý v této diplomové práci, je od společnosti Allen-Bradley. Společnost, kterou roku 1903 založili Lynde Bradley a Dr. Stanton Allen, se zabývá průmyslovou automatizací řídicích a informačních systémů. Nyní se s ročním obratem okolo 4,8 miliardy amerických dolarů řadí mezi největší dodavatele programovatelných automatů na světovém trhu. Produkty této společnosti pronikly již do více než osmdesáti zemí světa, ale výhradní zastoupení má společnost nadále v Severní Americe, kde má v Milwaukee i své sídlo. [16]

1.11 Hlavní výhody a nevýhody programovatelných automatů

Programovatelné automaty mají mnoho výhod, proto jsou v průmyslové automatizaci hojně používány. Na druhou stranu mají i určité nevýhody. Hlavní výčet těchto vlastností, podle skript Programovatelné automaty od Františka Žežuly z Vysokého učení technického v Brně [13], je následující.



Mezi výhody programovatelných automatů lze zařadit:

- odolnost proti rušení,
- rychlé přeprogramování úlohy,
- malá varieta náhradních dílů,
- možnost vystavění velké hierarchické struktury dle potřeby,
- flexibilita (neprojektování na míru),
- modularita (možnost rozšíření),
- hospodárnost (levné malé kompaktní moduly),
- vestavěná diagnostika vlastního PLC,
- možnost tvorby diagnostiky vnější,
- možnost použití vyšších programovacích jazyků u nových automatů,
- jednoduchý a tím spolehlivý OS reálného času,
- velká nabídka kvalitních přístrojů různých výrobců,
- robustnost.

Nevýhody programovatelných automatů jsou:

- nižší programátorský komfort než u mikropočítačů,
- vyšší cena než IPC² ekvivalentního výkonu při nižším programátorském komfortu PLC,
- menší flexibilita ve srovnání s IPC,
- užití nedostatečně standardizovaných komunikačních sběrnic pro propojení automatů do sítí,
- nezbytnost hierarchické architektury při propojení do větších celků.

² IPC je řídicí počítač využívaný v průmyslové automatizaci



1.12 Použité PLC moduly

V této diplomové práci jsou použity programovatelné automaty modulární konstrukce, což znamená, že programovatelný automat je možné doplnit různými typy zásuvných modulů. Všechny použité moduly jsou uvedeny v tabulce 1. Výrobcem je společnost Allen-Bradley.

Tabulka 1: Použité moduly

Typ modulu	Označení	Poznámka
napájecí modul	1756-PA75/B	-
procesor	1756-L63 B	-
analogový vstup	1756-IF6CIS/A	-
analogový výstup	1756-OF6VI/A	-
digitální vstup	1756-IB32/B	-
digitální výstup	1756-OB16E/A	-
digitální výstup	1756-OB32/A	-
komunikační modul	1756-ENBT/A	propojení PC a PLC automatu

POZNÁMKA: Při přidělování jednotlivých pinů v programu RSLogix nekorespondují čísla pinů na jednotlivých modulech s čísly pinů v tomto programu. Proto jsou části katalogových listů, kde je toto vidět, uvedeny na konci diplomové práce v přílohách A až D. Celé katalogové listy jednotlivých modulů jsou uvedeny v příloze na DVD.



2 Pohony

Pohony jsou zařízení, převádějící signály na výchylku, konající požadovanou práci s požadovaným výkonem. Jsou to tzv. akční členy.

V této diplomové práci je použit elektrický pohon ve formě stejnosměrného elektromotoru, sloužící k roztočení pásu dopravníku. Dále jsou zde použity pneumatické pohony, které jsou ovládány pneumatickými ventily, elektromagneticky řízenými.

2.1 Rozdělení pohonů

Pohony lze rozdělit několika způsoby. Následující rozdělení je z pohledu druhu energie potřebné ke konání dané práce.

- elektrická energie,
- pneumatická energie,
- hydraulická energie.

2.2 Elektrické pohony

Elektrické pohony je možné rozdělit na mnoho druhů a typů. V diplomové práci je použit zapouzdřený stejnosměrný elektromotor s vestavěnou převodovkou sloužící k převodu vysokých otáček z hřídele elektromotoru na pomalé otáčky výstupní hřídele. Elektromotor je napájen stejnosměrným napájecím napětím 24 V.

Elektromotor pracuje na principu, kdy se ve statoru s permanentními magnety vytváří magnetické pole. V tomto magnetickém poli se otáčí rotor složený z plechů s drážkami, kde je umístěno vinutí. Jednotlivé cívky vinutí jsou připojeny k vzájemně odizolovaným lamelám komutátoru. Na komutátor doléhají kartáče, jimiž je přiváděn elektrický proud do vinutí rotoru. Elektrický proud indikuje magnetické pole v rotoru a díky komutátoru se dvakrát za otáčku změní jeho polarita. Protože se souhlasné póly magnetu odpuzují, rotor se neustále otáčí. [17]

Tento typ motoru je vhodný pro proměnné zatížení. To je také jeden z důvodů, proč je použit na modelu dopravníku. Při zjišťování výšky válečku je váleček přitisknut pneumatickým válcem na pohybující se dopravníkový pás, řádově na desítky milisekund, čímž dochází ke zmíněnému zatížení. Proces měření musí být opakován na



každém válečku, proto zde dochází k opakovanému proměnnému zatížení elektromotoru.

Elektromotor se nachází ve společném zapojení s ostatními komponentami, které jsou také napájeny napětím 24 V. Z tohoto důvodu jej není možné řídit spojitě, ale pouze logickými signály 0 nebo 1, tedy vypnuto nebo zapnuto. Pokud by bylo zapotřebí elektromotor řídit spojitě, bylo by nutné připojit další externí zdroj a ten řídit spojitě. Analogový modul (1756-OF6VI) dostupný v této práci má výstupní proud pouze 175 mA (viz dokumentace v příloze na DVD). Pro použitý motor by byl zapotřebí výstupní proud alespoň 1,25 A. Protože spojitě řízení není nutné, byl elektromotor zapojen pro digitální řízení.

2.3 Pneumatické pohony

Pneumatické pohony jsou používány v různých oblastech techniky, zejména jsou využívány v oblasti ovládací techniky. Jedná se o poměrně jednoduchá zařízení, která jsou charakteristická svou vysokou provozní spolehlivostí, robustností, díky které mohou pracovat i v agresivních prostředích. Provoz pneumatických pohonů je velmi čistý, protože jako provozní medium je používán stlačený vzduch. [4]

2.3.1 Pneumatické válce

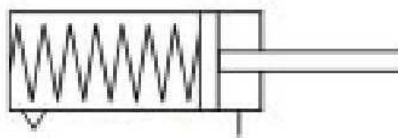
V této diplomové práci jsou použity výhradně lineární pneumatické válce, pohyb válců je tedy pouze přímočarý. Lineární pneumatické válce pracují na principu energie stlačeného vzduchu, která je měněna v pneumatickém válci na posuvný pohyb vykonávající práci. Tyto válce lze rozdělit na jednočinné a dvojčinné.

Jednočinné

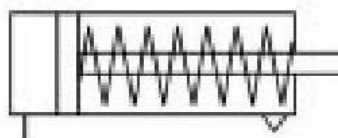
Stlačený vzduch je přiveden na jednu stranu válce, tudíž mají tyto válce pohon pouze v jednom směru. Jednočinné pneumatické válce jsou konstruovány v řadě provedení. V zásadě se ale dají rozdělit na ty, co vykonávají sílu tažnou nebo tlačnou. To je závislé na konstrukci válce, potažmo na umístění pružiny. [22]

Pokud je pružina umístěna za pístnicí, obrázek 2.1, je přívod stlačeného vzduchu veden před pístnicí a válec má v klidové poloze pístnici vysunutou.

Pokud je pružina umístěna před pístnicí, obrázek 2.2, je přívod stlačeného vzduchu veden za pístnicí a válec má v klidové poloze pístnici zasunutou. To je také případ pneumatického válce ADVU-12-15-A-P-A na stanovišti vstupního zásobníku.



Obr. 2.1: Jednočinný pneumatický ventil v klidové poloze vysunuto [22]

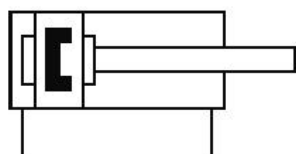


Obr. 2.2: Jednočinný pneumatický ventil v klidové poloze zasunuto [22]

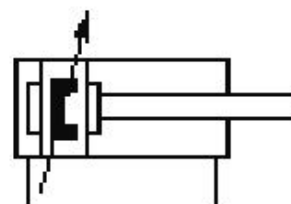
Dvojčinné

Stlačený vzduch je přiveden na obě strany válce, tudíž mají tyto válce pohon v obou směrech. [22] Dvojčinné pneumatické válce jsou konstruovány v různých provedeních, zde je použit dvojčinný pneumatický válec s magnetem (obrázek 2.3) a dvojčinný pneumatický válec s magnetem a nastavitelným tlumením (obrázek 2.4).

Za pneumatické pohony v této diplomové práci lze považovat čtyři pneumatické válce. Jedná se o plochý jednočinný tlačný válec EZH-5/20-25-B (obrázek 2.1) na stanovišti vstupního zásobníku, dvojčinný kompaktní válec ADVU-12-15-A-P-A (obrázek 2.3) na kontrolním stanovišti a dvojčinné pneumatické válce DSNU-16-50-PPV-A (obrázek 2.4) a DSNU-16-80-PPV-A (obrázek 2.4) [21] oba na stanovišti vyhazovače. Všechny zmíněné pneumatické ventily jsou od společnosti FESTO. Bližší specifikace těchto pneumatických pohonů jsou uvedeny v příloze na DVD.



Obr. 2.3: Dvojčinný pneumatický válec s magnetem [19]



Obr. 2.4: Dvojčinný pneumatický válec s magnetem a nastavitelným tlumením [20]



2.3.2 Pneumatické ventily

Pneumatické ventily přímo ovlivňují provozní médium – stlačený vzduch. Jejich úkolem je např. rozdělovat jej, uzavírat jej, popř. řídit průtok stlačeného vzduchu. Ventily jsou rozčleněny podle funkce normou ISO 1219 do následujících skupin:

- ventily pro řízení směru proudu vzduchu,
- ventily pro uzavření proudu vzduchu,
- ventily pro řízení tlaku vzduchu,
- ventily pro řízení průtoku vzduchu. [23]

Jedním ze základních parametrů je počet vstupních a výstupních kanálů (cest) a počet poloh (stavů) jejich přestavení. Jako označení se používá tvar zlomku, kdy první číslice udává počet vstupních a výstupních kanálů a druhá číslice počet poloh pro přestavení. Např. ventil 5/2 je ventil s pěti ovládanými přívody, popř. vývody, a dvěma polohami pro přestavení. [23]

Dalším parametrem je také klidový stav. Zde se rozlišuje, zda je ventil v klidové poloze, tzn. že ventil není ovládán, otevřen (NO = normally open) nebo uzavřen (NC = normally closed). [23]

V diplomové práci se vyskytují čtyři pneumatické ventily s referenčním označením Y, viz příloha L.



3 Čidla

Čidla jsou známa také pod pojmem snímač. Lze říci, že čidla snímají fyzikální či jinou veličinu, která je dále převáděna na elektrickou veličinu s kterou je pak možné pracovat. V této diplomové práci jsou použity čtyři druhy čidel. Čidla E2EL-X1R5F1 2M a E3Z-L81 2M od společnosti Omron a čidla SMAT-8E-S50-IU-M8 a SME-8-K-LED-24 od společnosti Festo.

3.1 Čidlo E2EL-X1R5F1 2M

Jde o indukční čidlo E2EL-X1R5F1 2M (obrázek 3.1) společnosti Omron. Tento senzor snímá otáčky hnacího válce dopravníku, čímž slouží ke kontrole chodu dopravníkového pásu popř. k ovládání rychlosti otáčení elektromotoru, pohánějícího dopravníkový pás. Toto čidlo je typu PNP-NO, takže spíná při napětí blízké napájecímu napětí oproti čidlu typu NPN, které spíná při napětí 0 V. To odpovídá čidlu, jehož výstup je při detekci terče (viz níže) v sepnutém stavu, normálně je tedy otevřený. Bližší specifikace tohoto čidla jsou uvedeny v příloze na DVD – Katalogovy_list_cidla_E2EL-X1R5F1_2M. [26]



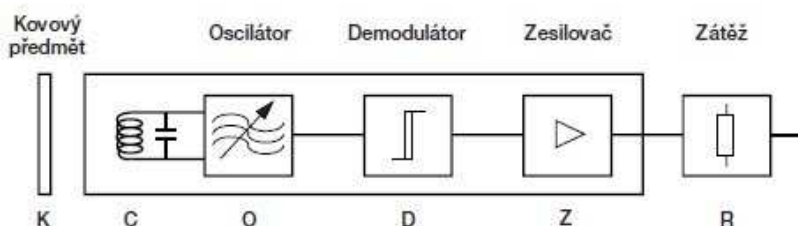
Obr. 3.1: Čidlo E2EL-X1R5F1 2M

3.1.1 Princip činnosti

Na obrázku 3.2 je znázorněn princip činnosti indukčního čidla. Plastový váleček má po obvodu kovové plošky, které při jeho rotaci snímá senzor B1, viz obrázek 3.1. V tomto senzoru je oscilátor, který generuje vysokofrekvenční střídavý proud, jenž protéká cívkou, navinutou na feritovém jádru, a vytváří v jejím okolí magnetické pole. Umístíme-li do tohoto magnetického pole předmět z elektricky vodivého materiálu, začnou se v něm indikovat vířivé proudy. Změna magnetického pole vlivem vířivých

proudů způsobí, že cívka změní svoji impedanci. Tato změna je vyhodnocena elektronikou senzoru, zesílena a následně převedena na výstupní signál. Obecně lze říci, že indukční snímače jsou založeny na principu vzájemného působení mezi kovovými vodiči a střídavým elektromagnetickým polem. [15]

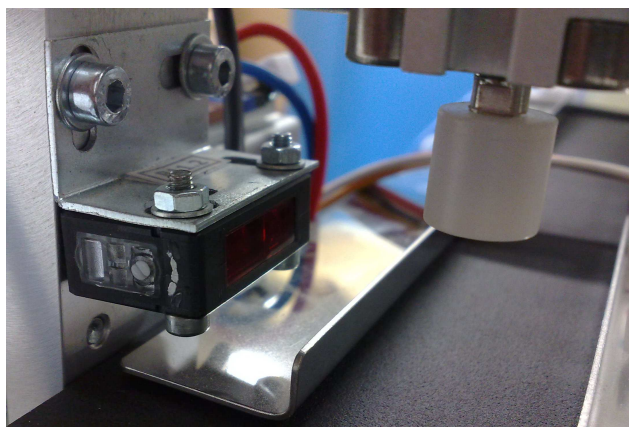
V tomto případě jsou za vodivý materiál použity kovové plošky tzv. terče na plastovém rotujícím válečku, na němž jsou po obvodu připevněny.



Obr. 3.2: Princip indukčního čidla [15]

3.2 Čidlo E3Z-L81 2M

Jedná se o optické difúzní čidlo společnosti Omron, které snímá přítomnost objektu na dopravníkovém pásu v pozici kontrolního stanoviště (obrázek 3.3). Toto čidlo je typu PNP output. V klidovém stavu je čidlo otevřené (NO). Bližší specifikace tohoto čidla jsou uvedeny v příloze na DVD – Katalogovy_list_cidla_E3Z-L81_2M. [27]



Obr. 3.3: Čidlo E3Z-L81 2M

3.2.1 Princip činnosti

Optické difúzní čidlo E3Z-L81 2M má integrován vysílač i přijímač ve společném pouzdře. Vysílač moduluje červený paprsek do vzdálenosti až 90 mm. Pokud

se tento paprsek odrazí od projíždějícího objektu a vrátí se zpět do přijímače, je přítomnost objektu zaznamenána, obrázek 3.4. [27]



Obr. 3.4: Optické difúzní čidlo [14]

3.3 Čidlo SMAT-8E-S50-IU-M8

Toto magnetické čidlo, umístěné na kontrolním stanovišti (obrázek 3.5), spojitě snímá polohu pístu pneumatického válce v rozsahu zdvihu od 48 mm do 52 mm a to s přesností 0,152 V/mm. Výstupní signál je analogový v rozsahu od 0 V do 10 V. Ten je následně převeden na jednotku délky, čímž je zjištěno, zda projíždějící váleček vyhovuje normě či nikoliv. Bližší specifikace tohoto čidla jsou uvedeny v příloze na DVD – Katalogovy_list_cidla_SMAT-8E-S50-IU-M8. [28]



Obr. 3.5: Čidlo SMAT-8E-S50-IU-M8

3.3.1 Princip činnosti

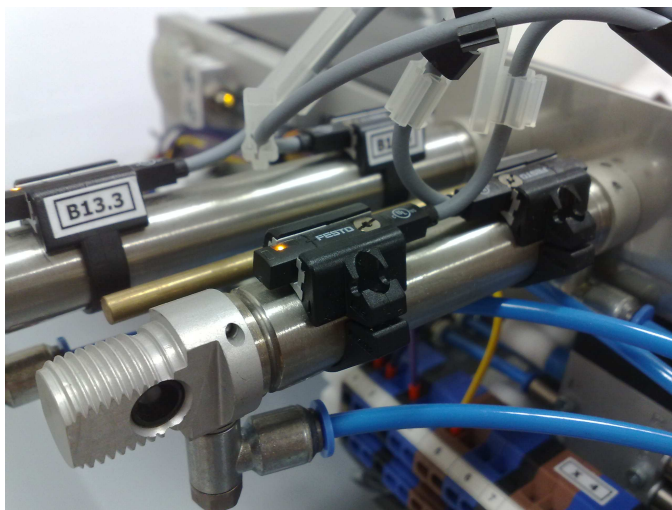
Jedná se o bezdotykové snímání polohy pístu ve válci. V pístním kroužku pneumatického válce jsou vestavěné permanentní magnety, které jsou snímány



magnetickými snímači přes nemagnetickou stěnu. Jakmile se píst přiblíží, změní se stav výstupního signálu. Je možné použít standardizovaný napěťový nebo proudový signál v rozsahu 0 až 10 V, popř. 0 až 20 mA. [28]

3.4 Čidlo SME-8-K-LED-24

Jde opět o čidlo z kategorie magnetických polohových čidel, které bezdotykově snímá polohu pístu ve válci. Těmito čidly jsou opatřeny pneumatické válce zastavovače a vyhazovače na stanovišti vyhazovače a to vždy dvěma čidly na každém válci, viz obrázek 3.6. Jejich úkolem je podávat uživateli informaci, zda byly pneumatické válce vysunuty. Jde vlastně o zpětnou vazbu, aby uživatel viděl, jestli dané válce kříží pás dopravníku či nikoliv. Bližší specifikace tohoto čidla jsou uvedeny v příloze na DVD - Katalogovy_list_cidla_SME-8-K-LED-24. [29]



Obr. 3.6: Čidla SME-8-K-LED-24



4 Model dopravníku

Model dopravníku je navržen společností Stroza s.r.o. a slouží výhradně k výukovým účelům. Celý model dopravníku je pro představu 802 mm dlouhý, 355 mm široký, 502 mm vysoký (měřeno k nejvyššímu bodu modelu – zásobníkovému válci) a váží 9,8 kg, obrázek 4.1. Podstava má tvar kváдру s jednou horní skosenou hranou, kde je umístěn ovládací panel. Dále disponuje výklopnou stranou, která je složena z horní skosené a přední strany. Je možné se tedy dostat dovnitř podstavy, kde byla instalována DIN lišta se svorkovnicemi.

Na vrchu podstavy je připevněn samotný model dopravníku. Ten je osazen elektrickými a pneumatickými prvky převážně od společností Festo a Omron. Výčet jednotlivých prvků je uveden v příloze L.

4.1 Popis činnosti modelu dopravníku

Model dopravníku lze chápat jako třídící linku, která má za úkol roztřídit objekty, v tomto případě válečky, podle výšky. Výška válečku je definována dle požadavků zadavatele a jsou vybírány pouze válečky požadované výšky.

Celá třídící linka je složena z jednotlivých stanovišť, kterými váleček postupně projíždí. Každé stanoviště vždy periodicky plní svoji předurčenou funkci. Poslední níže zmíněné není stanoviště, nýbrž společné části, díky kterým je vše propojeno. Jednotlivými částmi výrobní linky jsou:

- Dopravníkový pás,
- Vstupní zásobník,
- Kontrolní stanoviště,
- Vyhazovač,
- Periferie.

Dopravníkový pás

Dopravníkový pás je poháněn stejnosměrným elektromotorem připojeným na stejnosměrné napájecí napětí 24 V. Otáčky motoru lze sledovat díky indukčnímu čidlu, které snímá hnací válec dopravníkového pásu.



Vstupní zásobník

V zásobníku, potažmo v zásobníkovém válci, jsou uloženy předměty – válečky o přesně daných rozměrech. Kapacita zásobníku je osm válečků. Jednotlivé válečky jsou posílány plochým válcem, ovládaným elektropneumatickým ventilem, na pás dopravníku v přesně určených časových intervalech.

Kontrolní stanoviště

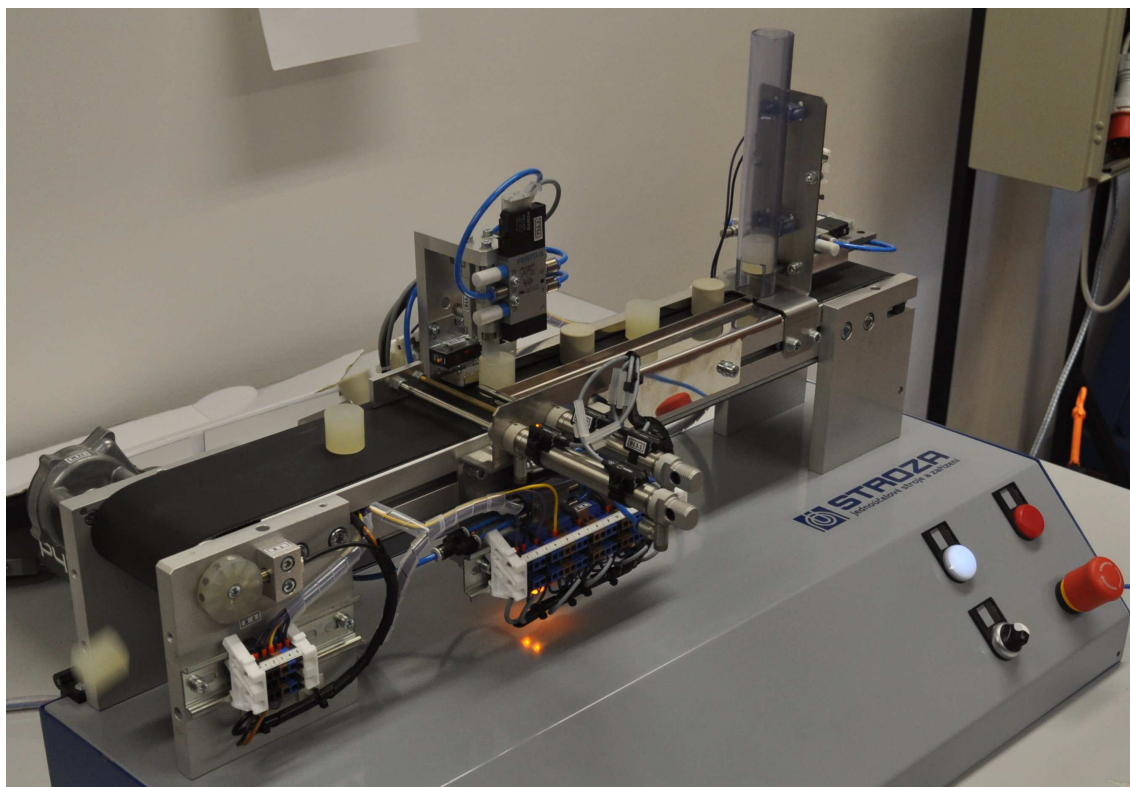
Po vysunutí předmětu na pás dopravníku přijíždí předmět na kontrolní stanoviště. Zde ho nejprve detekuje optické difúzní čidlo. Na základě této detekce se vysouvá pneumatický prvek, který kříží cestu válečku a tím ho zastavuje. Nyní se vysouvá další elektropneumatický válec. Ten se vysune až k danému objektu. Míru vysunutí tohoto válce snímá čidlo polohy s přesností 0,064 mm. Po změření válečku se oba pneumatické prvky zasouvají. Zde se rozhoduje, zda je předmět rozměrově v normě nebo není. Má-li předmět předepsaný rozměr, pokračuje na dopravníkovém pásu dále, kde je připraven k další fázi zpracování.

Vyhazovač

Pokud danou normu nesplní a je tak rozměrově nadprůměrný popř. podprůměrný, dostane impuls další pneumatický válec na tzv. vyhazovači. Ten se vysune, vadný předmět z pásu vyhodí a zajistí tak, že projedou pouze výrobky požadované kvality. Celý tento proces se periodicky opakuje.

Periferie

Periferie jsou společná zařízení, jako jsou např. elektrické vodiče a pneumatické hadičky. Za pomoci těchto periferií je celý systém výrobní linky propojen.



Obr. 4.1: Model třídící linky

4.2 Čelní panel

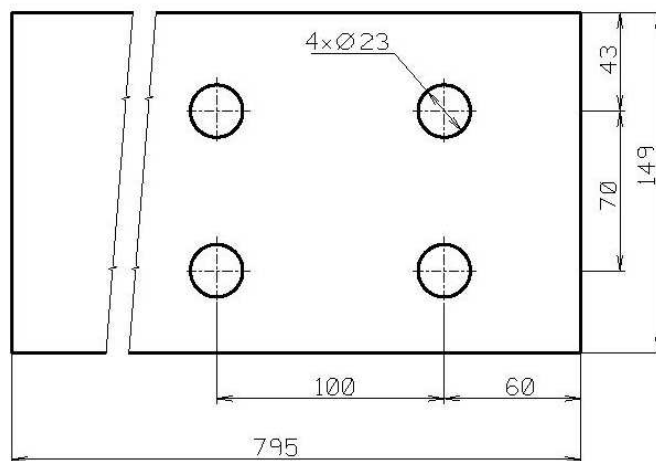
Čelní panel je určen k ovládání modelu dopravníku. Je opatřen dvěma tlačítky s kontrolkami, obrázek 4.2. Význam jednotlivých tlačítek je uveden níže v podkapitole 4.2.2 Schéma zapojení.



Obr. 4.2: Čelní panel

4.2.1 Návrh

Zpočátku byl navržen složitější čelní panel s více tlačítky a kontrolkami. To bylo ovšem zbytečné a po inspiraci v praxi byl navržen panel tak, jak je uveden na obrázku 4.2. Tedy pouze se základními dvěma tlačítky START a TOTAL STOP. Každé z tlačítek je doplněno pro vizuální signalizaci kontrolkou. Tlačítko START bílou, tlačítko TOTAL STOP červenou. Návrh čelního panelu je zobrazen na obrázku 4.3.



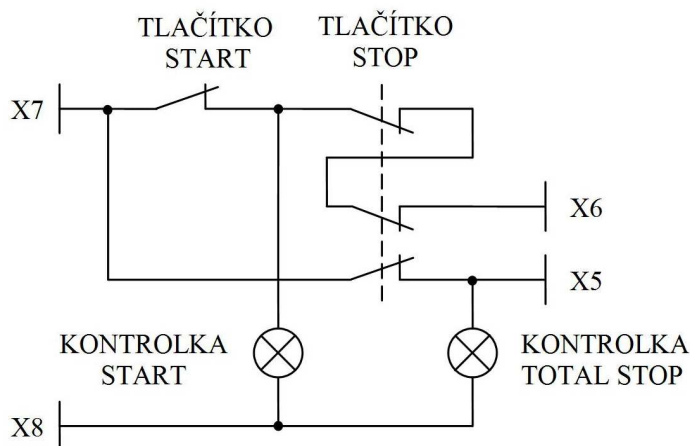
Obr. 4.3: Návrh čelního panelu

4.2.2 Schéma zapojení

Schéma zapojení je uvedeno na obrázku 4.4. Barva jednotlivých vodičů koresponduje s barvami vodičů v celém systému.

Spínací tlačítko START je typu NO (zkratka byla vysvětlena v kapitole 2.3.2 Pneumatické ventily). Sepnutím tohoto tlačítka je rozsvícena bílá kontrolka, která signalizuje, že k modelu dopravníku a k jednotlivým modulům programovatelného automatu je připojeno napájecí napětí.

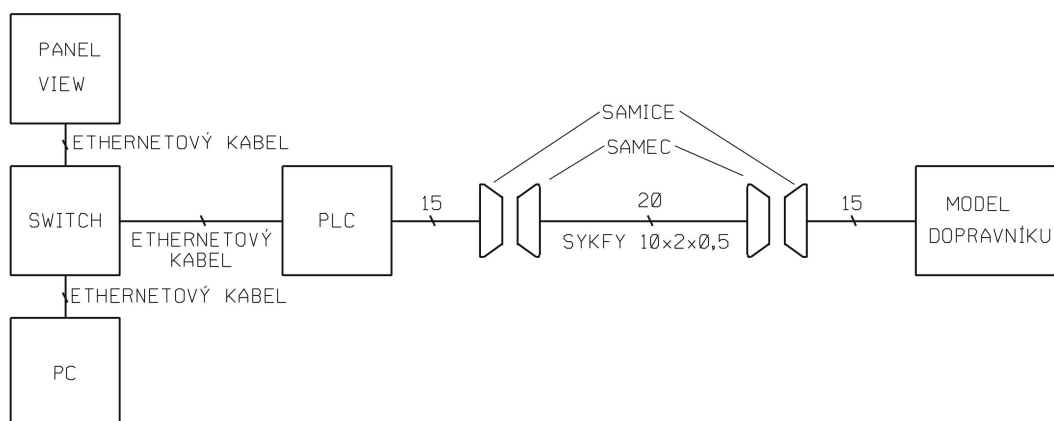
V tlačítku TOTAL STOP jsou zapojeny troje kontakty, které plní dvě funkce. Dvěmi rozpínacími kontakty (NC), je zabezpečeno rozepnutí obvodu v nebezpečných situacích. Z důvodu bezpečnosti byly záměrně zvoleny dvojce stejné rozpínací kontakty zapojeny do série. Tím je zajištěno, že pokud by z jakéhokoliv důvodu došlo k nerozepnutí jednoho kontaktu, je rozepnut druhý a tím obvod přerušen. Zbývajících třetí spínací kontakt je typ NO. Pokud je sepnuté tlačítko TOTAL STOP, je sepnut i tento kontakt, který rozsvítí červenou signalizační kontrolku. Informace o této skutečnosti je odeslána na svorkovnici X5 a následně do PLC automatu a na PanelView.



Obr. 4.4: Schéma zapojení čelního panelu

4.3 Elektrické zapojení

Následující obrázek 4.5, ukazuje propojení modelu dopravníku s programovatelným automatem. Nejprve bylo propojení realizováno pouze napřímo, tzn. model dopravníku byl přímo propojen s programovatelným automatem. To se však ukázalo jako nevhodné, protože při manipulaci modelu dopravníku či programovatelného automatu, eventuálně při jejich přesunu na jiné místo, by mohlo dojít k vytržení jednotlivých vodičů a tím by se stal model nefunkčním. Popř. by se musely odpojit vodiče ze svorkovnic modelu nebo programovatelného automatu. To by při každém přesunu zabralo mnoho času a práce. Proto byl vytvořen prodlužovací kabel, díky kterému se model dopravníku stává mobilním výukovým prostředkem.

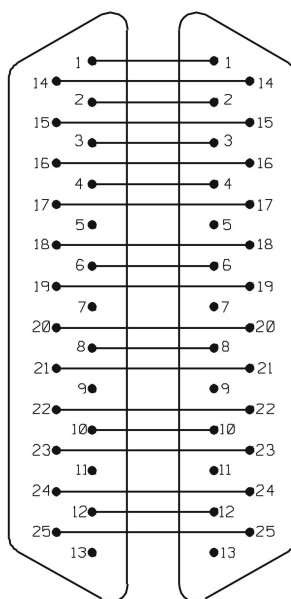


Obr. 4.5: Blokové schéma zapojení



4.3.1 Prodlužovací kabel

Prodlužovací kabel, který by odpovídal požadavkům modelu dopravníku, nebyl na trhu nalezen, proto ho bylo nutné zhotovit. Za konektor byl zvolen CAN 25, obrázek 4.6. Ten zaručuje dostatečný počet pinů. Protože nebyly využity všechny piny, je zde i možnost rozšířit model dopravníku o další funkce. Propojovací (prodlužovací) kabel má 20 žil, každou o průměru 0,5 mm (SYKFY 10×2×0,5). Na obou koncích je konektor CAN25 – samec. Obsazení pinů prodlužovacího kabelu je uvedeno na obrázku 4.6.



Obr. 4.6: Přehled připojených pinů na prodlužovacím kabelu

4.3.2 Model dopravníku

Model dopravníku je připojen znovu přes konektor CAN 25 – samice, jak je vidět z obrázku 4.5. Z tohoto konektoru je vedena kabeláž 15 žilami, každá o průměru 0,5 mm (CYA 15×0,5), předpřipravenými otvory na zadní straně podstavy modelu dovnitř této podstavy na svorkovnici X5. Odsud vedou vodiče na jednotlivé svorkovnice příslušných stanovišť a následně k jednotlivým komponentám. Zapojení pinů konektoru CAN 25 znázorňuje tabulka v příloze M.



4.3.3 PLC automat

Na druhé straně prodlužovacího kabelu je opět CAN 25 – samice, viz obrázek 4.5. Odsud jsou vodiče (stejně jako u modelu dopravníku CYA 15×0,5) vedeny na konkrétní modul programovatelného automatu. Toto propojení je znovu vidět v tabulce v příloze M.

Obrázek 4.5 také ukazuje, že pomocí switche byl vytvořen tzv. komunikační uzel. Propojí se tak vývojové prostředí v počítači pomocí síťové karty, PanelView pomocí integrované síťové karty a programovatelný automat pomocí komunikačního modulu 1756-ENBT/A. Všechna spojení jsou realizována prostřednictvím ethernetového kabelu.

4.3.4 Svorkovnice uvnitř podstavy modelu

Uvnitř podstavy modelu dopravníku se nachází DIN lišta, na níž jsou upevněny čtyři svorkovnice se svorkami typu SAK 4/35. Svorkovnice mají označení X5, X6, X7, X8 a jsou ještě rozlišeny barvou vodičů, které do nich vstupují a vystupují z nich. Barvy vodičů jsou zachovány v celém systému propojení a to od svorkovnice na jednotlivých stanovištích modelu dopravníku až po připojení k programovatelnému automatu (vyjma prodlužovacího kabelu).

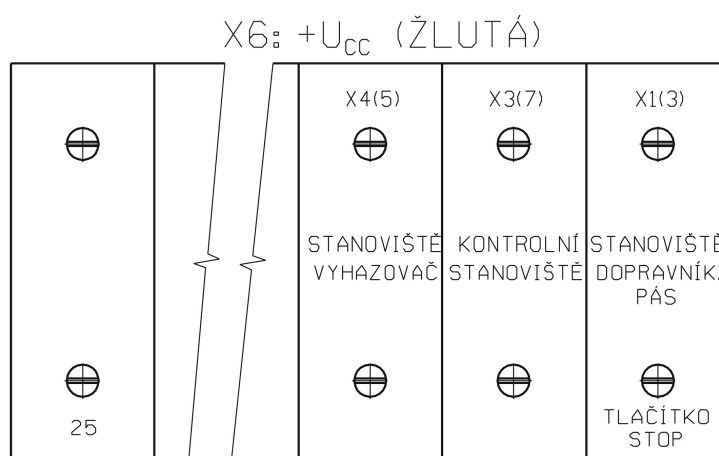
Na svorkovnici X5 jsou rozvedeny signálové vodiče. Jejich barva je fialová. Jednotlivé svorky jsou rozděleny do kategorií přesně podle stanovišť na modelu dopravníku. Obrázek 4.7 ukazuje rozvržení této svorkovnice. Každá svorka je uprostřed popsána. Vodiče z vrchní části svorkovnice vedou na model dopravníku. Jejich přesné zapojení symbolizují čísla umístěná v horní části. Čísla umístěná ve spodní části svorek, ukazují na pin v konektoru CAN 25.

X5: SIGNÁLY (FIALOVÁ)

Obr. 4.7: Svorkovnice X5 – signály



Svorkovnice X6 je v celé své délce propojena klemami. Odtud jsou rozvedena všechna kladná napájecí napětí do modulů programovatelného automatu a do jednotlivých stanovišť, což je symbolizováno vodiči žluté barvy. Nebylo nutné přivádět napájecí napětí do každé komponenty. Kladná napětí jednotlivých komponent jsou již propojena na jednotlivých svorkovnicích X1–X4. Lze tedy přivést pouze jeden vodič kladného napájecího napětí na každou z těchto svorek. Zespolu je na svorkovnici přivedeno kladné napájecí napětí 24 V přes spínací tlačítko START na čelním panelu modelu. Zde se objeví napájecí napětí pouze při sepnutí zmíněného tlačítka. Zapojení je uvedeno na obrázku 4.8.

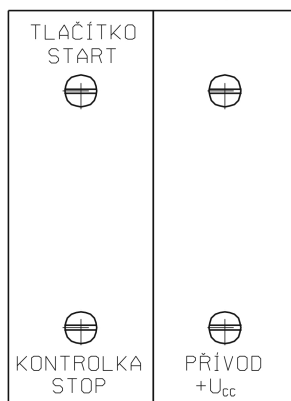


Obr. 4.8: Svorkovnice X6 – kladné napájecí napětí

Svorkovnice X7 je složena pouze ze dvou svorek, které jsou taktéž propojeny klemami. Tato svorkovnice slouží jako uzel pro přívod kladného napájecího napětí 24 V z napájecího zdroje. Svorkovnice je tedy, po připojení k napájecímu zdroji, stále pod napětím 24 V a není závislá na žádném z tlačítek na čelním panelu dopravníku. Zapojení je uvedeno na obrázku 4.9.



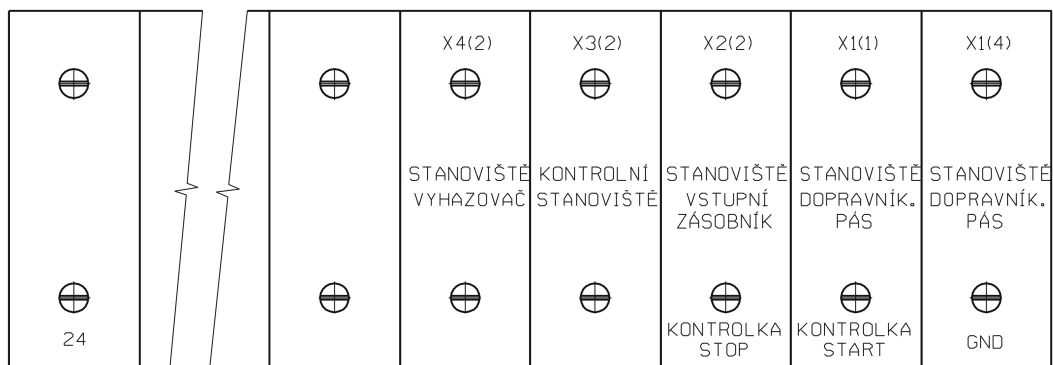
X7: PŘÍVOD $+U_{CC}$ (ŽLUTÁ)



Obr. 4.9: Svorkovnice X7 – přívod kladného napájecího napětí

Svorkovnice X8 je také v celé své délce propojena klemami a sdružuje tzv. zem, která je opět přivedena do modulů programovatelného automatu a do jednotlivých stanovišť ze svorky z vrchu. Zespodu je přivedena zem z napájecího zdroje a kontrolek na čelním panelu modelu. Barva vodičů byla zvolena tmavě modrá. Zapojení je uvedeno na obrázku 4.10.

X8: GND (TMAVĚ MODRÁ)



Obr. 4.10: Svorkovnice X8 – GND



4.3.5 Jednotlivé komponenty

Připojení jednotlivých komponent do svorkovnic X1 až X4 již bylo realizováno společností Stroza s.r.o. Schémata těchto zapojení jsou uvedena v přílohách E až H na konci této práce. Kompletní manuály jsou přiloženy na DVD.

4.3.6 Napájení

V celém systému modelu dopravníku je použito dvou druhů napájení. Jedná se o střídavé napájecí napětí 230 V ze sítě a o stejnosměrné napájení 24 V z externího zdroje. Specifikace externího zdroje jsou uvedeny v tabulce 2.

Tabulka 2: Zdroj 24 V DC pro napájení modelu a PLC

Vstupní napětí	230 V AC
Výstupní napětí	24 V DC
Výstupní proud	2 A
Výkon	50 W
Výrobce	DIAMETRAL
Typ	R124R50E

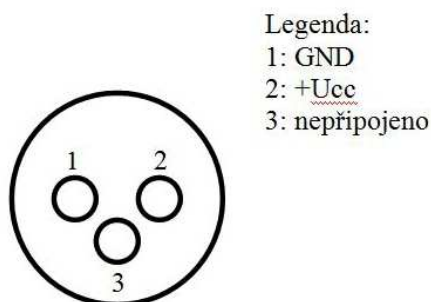
PLC automat

Hlavní napájení programovatelného automatu je 230 V AC. To je přivedeno do napájecího modulu 1756-PA75/B.

Druhé napájecí napětí, které je použito pro napájení programovatelného automatu, je napětí 24 V DC. Toto napětí je přivedeno společně se signálovými vodiči (vodičem CYA 15×0,5) na ty moduly programovatelného automatu, které jsou využity a pro jejichž provoz je nutné je napájet.

Model dopravníku

Celý model dopravníku je napájen napětím 24 V DC. Napájení je vedeno dovnitř podstavy, na zadní straně modelu dopravníku, napájecím kabelem o průměru 0,75 mm (CYA 2×0,75). Zde je rozveden kladný napájecí vodič na svorkovnici X7 a zem na svorkovnici X8. Na opačné straně jsou vodiče připájeny do tříkolíkového konektoru, obrázek 4.11. Kladné napájecí napětí je připojeno vpravo na kolík 2, zem pak vlevo na kolík 1. Kolík 3 je nepřipojen.

**Obr. 4.11: Zapojení tříkolíkového konektoru - samec****PanelView**

Tato komponenta je napájena 24 V DC. Jelikož při příkonu max. 70 W odebírá proud téměř 3 A, je nutné ji připojit na vlastní externí napájecí zdroj. Tento zdroj byl připevněn zezadu na konstrukci na DIN lištu. Zdroj je napájen síťovým napětím 230 V AC a má výkon 60 W, který dostačuje pro napájení PaneluView. Specifikace tohoto zdroje jsou uvedeny v tabulce 3.

Tabulka 3: Zdroj 24 V DC pro napájení PaneluView

Vstupní napětí	230 V AC
Výstupní napětí	24 V DC
Výstupní proud	2,5 A
Výkon	60 W
Výrobce	IDEC
Typ	PS5R-SD24

4.4 Pneumatické zapojení

Zapojení pneumatických prvků již bylo realizováno společností Stroza s.r.o. Jako provozní médium je použit stlačený vzduch z kompresoru SilentMaster 30-8-4 W. Bližší specifikace kompresoru jsou uvedeny v příloze na DVD.

Stlačený vzduch je rozveden do jednotlivých pneumatických komponent PVC hadičkami o vnějším průměru 4 mm (PUN-E-4×0,6).³ Pomocí redukcí je zajištěno

³ PUN-E-4×0,6 ~ 4 mm vnější průměr hadičky s tloušťkou stěn 0,6 mm (vnitřní průměr je tedy 2,8 mm)



připojení na hadičku o vnějším průměru 8 mm (PUN-E-8×1,0). Ta je na druhé straně opatřena rychlospojkou, takže je možné ji, pomocí této rychlospojky, připojit ke kompresoru. Tlak v celém systému modelu dopravníku není možné řídit ani nastavit žádným škrticím ventilem. Výjimku tvoří stanoviště vstupního zásobníku, kde je umístěn jednosměrný škrticí ventil GRLA-M5-SQ-4-RS-D, díky němuž je možné regulovat tlak vzduchu přiváděný do pneumatického ventilu a zajistit tak vyhovující vysunutí válečku na dopravníkový pás.

Všechny pneumatické válce jsou nastaveny tak, aby pracovaly optimálně při tlaku vzduchu v rozmezí od 2 do 5 barů.⁴ Na toto rozmezí byl nastaven i výše zmíněný škrticí ventil na vstupním zásobníku. Pokud by byl tlak na jednotlivých pneumatických válcích nižší, mohlo by docházet k nedostatečnému výsunu těchto válců a tedy k nesprávnému fungování celého modelu dopravníku. Provozní tlaky pneumatických válců jsou uvedeny v katalogových listech v příloze na DVD.

⁴ 1 bar = 100 000 Pa = 0,987 atm



5 Softwarová realizace

V této kapitole je nejprve popsáno vývojové prostředí RSLogix, jeho spuštění a následně vývojový diagram a program vytvořený pro ovládání třídící linky. Jsou zde uvedeny použité proměnné i možné nepřesnosti, ke kterým by mohlo docházet při běhu programu. Tyto nepřesnosti mají hardwarový charakter a jsou zde také vysvětleny. V neposlední řadě se kapitola věnuje vývojovému prostředí RSView a popisu programu v tomto prostředí.

5.1 Vývojové prostředí RSLogix

Pro vytvoření výukového programu bylo použito vývojové prostředí softwaru RSLogix 5000 Professional / Network Edition, verze V 15.02.00 (dále jen RSLogix 5000). Tento software je nabízen přímo společností Rockwell Automation pro práci s programovatelnými automaty od stejnojmenné společnosti, které jsou v práci použity. Daný software umí pracovat se všemi výše zmíněnými programovacími jazyky kromě jazyku Instruction List.

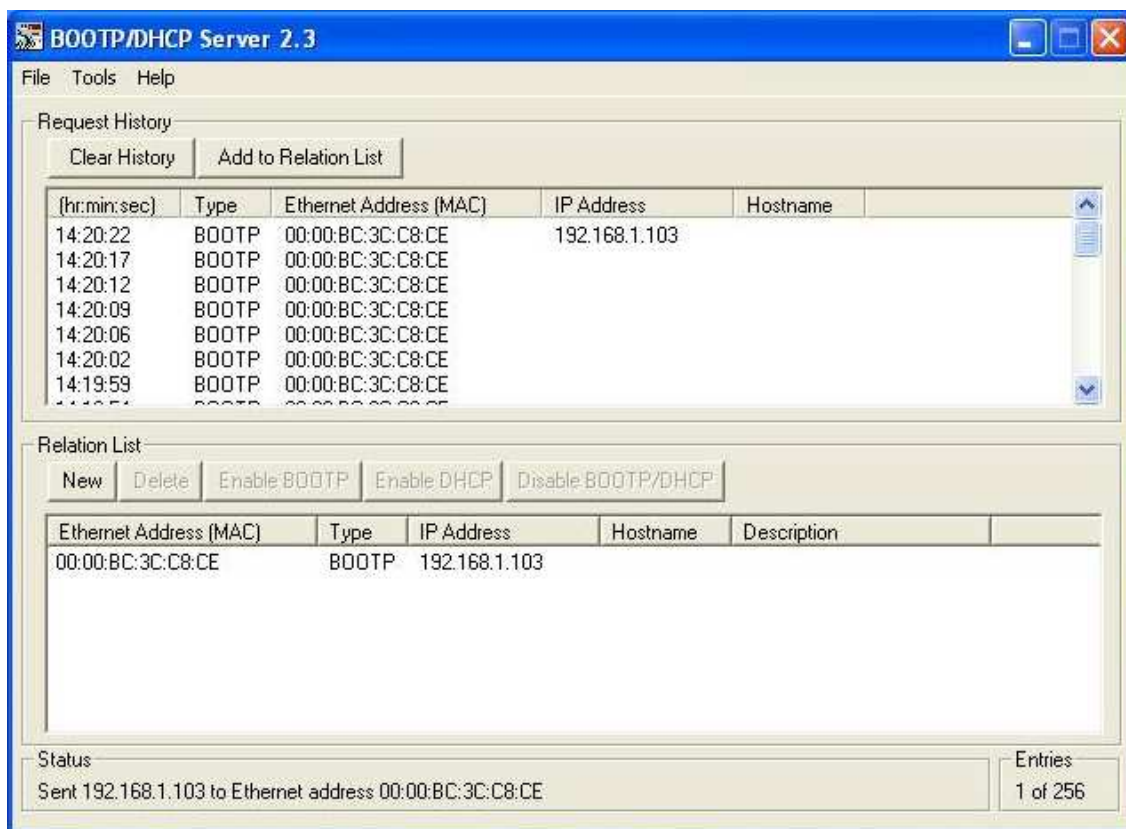
5.1.1 Spuštění vývojového prostředí

Aby bylo možné pracovat ve vývojovém prostředí RSLogix 5000, je nutné nejprve spustit následující programy:

- BOOTP/DHCP Server,
- RSLinx Classic Professional,
- RSLogix 5000 Professional / Network Edition.

5.1.2 BOOTP/DHCP Server

Program BOOTP/DHCP Server, v tomto případě je nainstalována verze 2.3.2.0, propojuje pomocí ethernetové adresy a IP adresy programovatelný automat se síťovou kartou počítače. Po spuštění tohoto programu se objeví okno, viz obrázek 5.1, kde je možné vidět, v části *Request History*, ethernetovou adresu programovatelného automatu, resp. komunikačního modulu. Dvojným kliknutím na tuto adresu (00:00:BC3C:C8:CE) se objeví další okno, kam se do pole *IP Address* zadá IP adresa pro komunikaci s programovatelným automatem (192.168.1.103). Nyní je PC propojeno s PLC. Toto spojení je vidět v části okna *Relation List*.



Obr. 5.1: BOOTP/DHCP Server

5.1.3 RSLinx Classic Professional

Po spuštění předchozího programu je třeba spustit program RSLinx Classic Professional (dále jen RSLinx), viz obrázek 5.2. Po kliknutí na tlačítko *RSWho*, umístěné na druhé pozici zleva v horní liště, se objeví okno se stejným názvem. V tomto okně pomocí IP adresy, definované v předchozím odstavci, nalezneme všechny moduly, které jsou k programovatelnému automatu připojeny, viz obrázek 5.2. Je zde také vidět připojená komponenta PanelView.

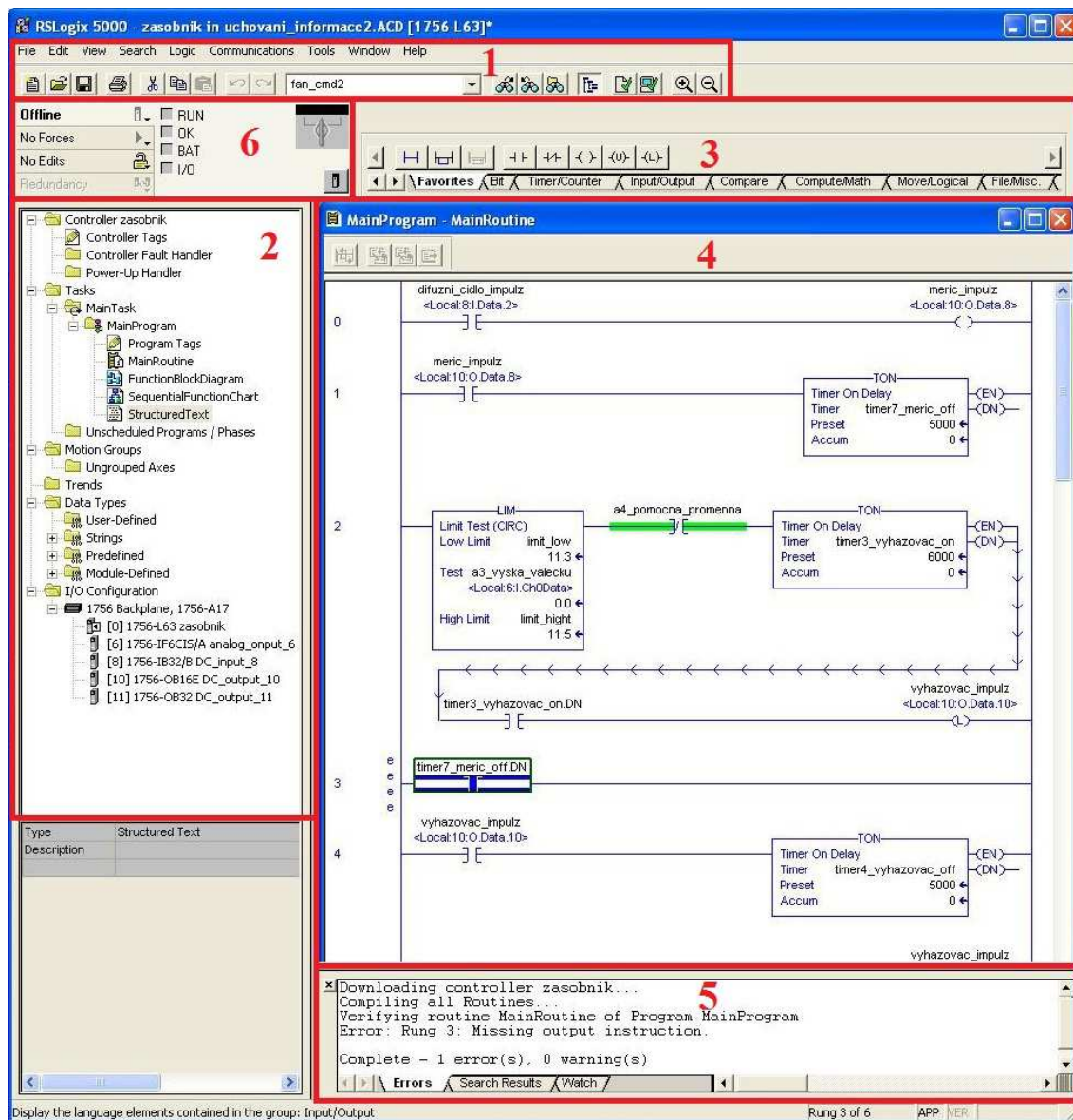
POZNÁMKA: Tento program není nutné spouštět pro spuštění RSLogixu. Je určen především pro RSView. Je ale dobré pomocí něho překontrolovat, zda moduly PLC automatu opravdu komunikují s připojeným počítačem. Pokud by tomu tak nebylo, jednotlivé moduly by sice byly vidět, ale byly by červeně přeškrtnuté.



Obr. 5.2: RSLogix Classic Professional

5.1.4 RSLogix 5000

Nyní je již možné spustit vývojové prostředí pro tvorbu vlastního programu, RSLogix 5000. Ten vytváří spustitelné soubory ve formátu *.acd. Vývojové prostředí je rozděleno do šesti sekcí, viz obrázek 5.3. V první sekci jsou základní operace *typu File*, *Edit* apod. V druhé sekci je ve složce *Tasks* soubor *MainProgram*. Zde je možné nalézt *Program Tags*, kde je výčet všech proměnných, použitých v daném programu i s datovými typy, a konkrétní připojení k portu příslušného PLC modulu. Další soubory *MainRoutine*, *FunctionBlockDiagram*, *SequentialFunctionChart*, *StructuredText* znázorňují programovací jazyky, ve kterých je možné daný program vytvářet. Ve složce *I/O Configuration* je možné vidět použité moduly PLC automatu. Každý z těchto modulů je nutné nejprve definovat, aby mohl být používán. Návod jak nadefinovat jednotlivé moduly je uveden v příloze na DVD – Počáteční inicializace. Ve třetí části se nachází nástroje pro tvorbu žebříčkového diagramu, popř. námi zvoleného jazyka v druhé sekci. Daný program je vždy tvořen v sekci čtyři. Případné chyby jsou po kompilaci ukázány v sekci pět. V tomto případě je chyba na řádku tři – není definován výstup. Poslední, šestá část vývojového prostředí, slouží k nahrání vytvořeného programu do PLC automatu.



Obr. 5.3: RSLogix 5000 Professional / Network Edition

V šesté části je možné si všimnout vpravo nahoře přepínače. Ten přesně koresponduje s přepínačem na modulu Logix5563. Nyní je v programovacím módu *PROG* – otočen doprava. V levé části je na prvním řádku znázorněno, že je program tvořen v režimu *offline*. Jakmile je program dokončen, je nutné nahrát ho do programovatelného automatu. Kliknutím na tlačítko *Offline*, viz obrázek 5.3, a zvolením položky *Download* (bráno z pohledu programovatelného automatu), je program zkompileován, čímž jsou objeveny případné chyby, sekce pět. Pokud jsou nalezeny chyby, je třeba je opravit a postup kompilace opakovat až do doby, kdy ve vytvořeném programu nebude žádná chyba. Následně se objeví okno, kde pokračujeme opět položkou *Download*. Nyní, jak je vidět na obrázku 5.4, se změnil status z *Offline*

na *Program* a rozsvítily se kontrolky signalizující správnost postupu. Fyzickým přepnutím přepínače na modulu Logix5563 do polohy *RUN*, se opět změnil status z *Program* na *Run*, což je symbolizováno i rozsvícením kontrolky *Run Mode* a otočením přepínače v levé části – otočen doleva, obrázek 5.5. Ve vlastním programu zezelenaly krajní vodiče, které symbolizují přivedené napájecí napětí. Pokud je kterýkoliv prvek v programu aktivní či sepnutý, taktéž zezelená.

Pro ukončení *Run Modu* je nezbytné otočit přepínač na modulu Logix5563 zpět do stavu *PROG* a v RSLogixu 5000 přepnout status *Run* do *Offline*. Nyní lze provádět změny v programu.



Obr. 5.4: Program Mode



Obr. 5.5: Run Mode

5.2 Vývojový diagram a popis programu

Program je vytvořen v grafickém jazyce kontaktních schémat, který je do dnešní doby jedním z nejrozšířenějších jazyků pro práci s programovatelnými automaty. Pro lepší představu jsou vybrané proměnné zpracovány i v jazyce funkčních bloků. Vývojový diagram je uveden v příloze J, program pak v příloze K.

5.2.1 Proměnné

Tabulka použitých proměnných včetně popisu a datového typu je uvedena v příloze I. Sloupec *SPECIFIER* ukazuje propojení některých proměnných s daným zásuvným modulem a konkrétní připojení k odpovídajícímu pinu. Například *Local:8:I.Data.12* prezentuje, že proměnná *info_TOTAL_STOP* je připojena k osmému vstupnímu modulu na pin číslo dvanáct. Celá tabulka včetně, všech vlastností jednotlivých proměnných, je uvedena z důvodu vyššího rozsahu pouze v příloze na DVD.



5.2.2 Vývojový diagram

Program je uveden do provozu stiskem tlačítka START, tedy změnou logické úrovně z logické 0 na logickou 1 u tlačítka *pas_on*. Zde se vývojový diagram větví. Je spuštěn *timer8_pas_impulz* nastavený na 500 ms. Po uplynutí této doby je roztočen dopravníkový pás pomocí změny na logickou 1 v proměnné *pas_impulz*. Má-li *pas_impulz* hodnotu logické 1, je puštěn *timer1_zasobnik_on* nastavený na 300 ms. Po uplynutí této doby je nastavena hodnota logické 1 na pneumatický válec v zásobníku (*zasobnik_impulz*) a tento válec je vysunut. Po jeho vysunutí je spuštěn *timer2_zasobnik_off* nastavený na 300 ms. Po uplynutí této doby je na pneumatický válec v zásobníku nastavena hodnota logické 0 (*zasobnik_ipmulz*) a pneumatický válec je zasunut. Je také spuštěn *timer5_cykl_zasobniku* nastavený na 200 ms, který opakuje proces vysunutí a zasunutí pneumatického prvku na stanovišti vstupního zásobníku. Celý tento proces trvá 800 ms.

Po uvedení modelu do provozu je sledován čas, kdy přijíždí válečky na kontrolní stanoviště. Tedy, je-li na tlačítku *pas_on* logická 1, je spuštěn *timer9_pas_off* nastavený na 4000 ms. Pokud se do vypršení této doby nezmění hodnota v proměnné *difuzni_cidlo_impulz* na logickou 1, znamená to, že v zásobníkovém válci není žádný váleček, který by mohl být vysunut a třídící linka je zastavena, tzn. do proměnných *pas_impulz*, *zasobnik_impulz*, *meric_impulz*, *zastavovac_impulz* a *vyhazovac_impulz* je nastavena logická 0. Pokud je zaznamenána přítomnost válečku, v proměnné *difuzni_cidlo_impulz* je nastavena logická 1, do 4000 ms od spuštění třídící linky, je do počítadla *counter1_celkem* přičtena hodnota +1. V proměnné *zastavovac_impulz* je změněna logická úroveň na logickou 1 a zastavovač je vysunut. Je-li *zastavovac_impulz* nastaven na logickou 1, je spuštěn *timer6_meric_on* nastaven na 100 ms.

Po uplynutí tohoto času je spuštěn *timer7_meric_off* nastavený na 200 ms. Po vypršení času je v proměnných *meric_impulz* a *zastavovac_impulz* nastavena logická 0, čímž se pneumatické válce na konkrétních stanovištích opět zasunou.

Dále je, po vypršení času z časovače *timer6_meric_on*, vysunut pneumatický prvek na kontrolním stanovišti (*meric_ipmulz*). Následně je zjištěna výška válečku v bloku limit (LIM) a pomocí proměnných *limit_low* a *limit_high* je rozhodnuto, zda bude váleček ponechán na páse či nikoliv. Je-li hodnota v mezích výše zmíněných limitů, je přičtena hodnota +1 do počítadla *counter2_vyhazovac*, nastaven *fiktivní_vystup* na hodnotu logická 1 a spuštěn *timer3_vyhazovac* nastavený na 400 ms.



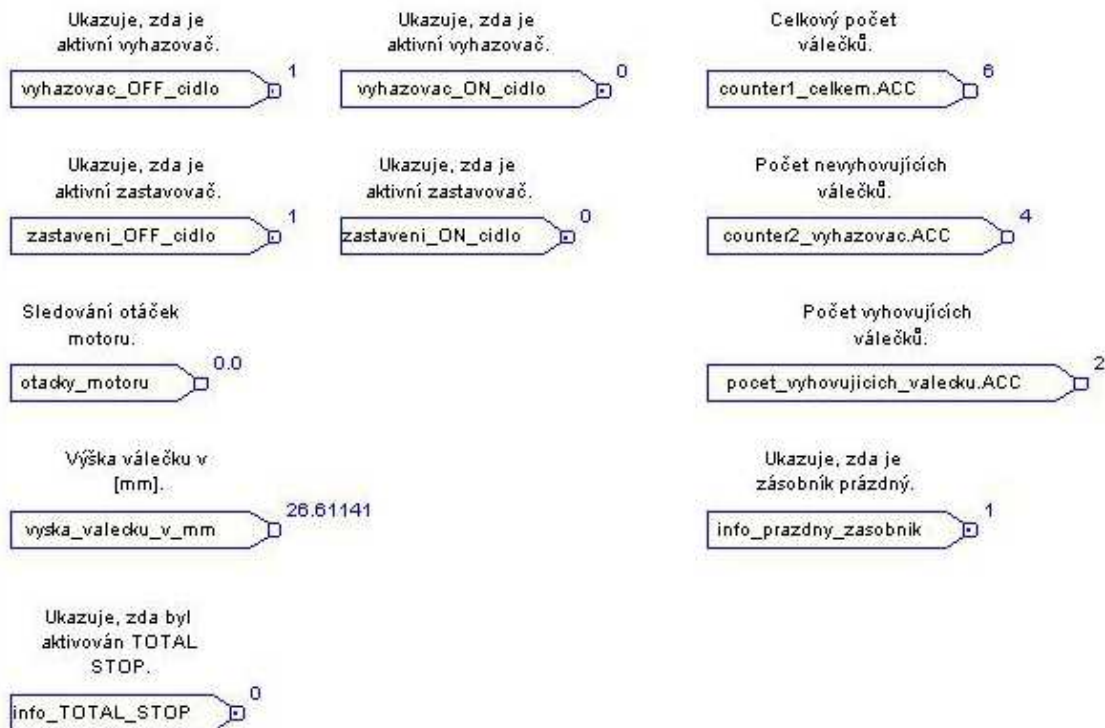
Po uplynutí této doby je změněna hodnota na logickou 1 v proměnné *vyhazovac_impulz*. Je-li *vyhazovac_impulz* v logické 1, je spuštěn *timer4_vyhazovac_off* nastavený na 380 ms. Po uplynutí této doby jsou v proměnných *vyhazovac_impulz* a *fiktivni_vystup* nastaveny logické 0. Celý program se ukončuje stiskem tlačítka STOP, tedy změnou na logickou 0 u tlačítka *pas_on*. Popř. je program ukončen sám, nepřijede-li na kontrolní stanoviště váleček déle než 4 s.

5.2.3 Doplnkový popis programu

Program uvedený v příloze K pracuje přesně podle výše popsaného algoritmu a není tedy nutné jej znovu popisovat. Příčky 16–21 slouží např. k nulování počítadel a jsou vytvořeny pro funkce v komponentě PanelView.

Tlačítka *reset_counter1_celkem* a *reset_counter2_vyhazovac* nulují příslušná počítadla. Tlačítko *reset_counter_all* nuluje obě tato počítadla najednou. Tlačítko *reset_info_prazdny_zasobnik* nuluje proměnnou *info_prazdny_zasobnik* v případě, že je v této proměnné logická 1 a zásobníkový válec je tudíž prázdný. Blok DIV slouží na přepočet bezrozměrné výšky válečku na výšku válečku v jednotkách milimetrů, viz kapitola 5.2.5 Výška válečku a možné zkreslení. Blokem SUB je počítán počet vyhovujících válečků, které jsou ukládány do akumulátoru.

Jak již bylo zmíněno dříve, vybrané proměnné lze sledovat i v jazyce funkčních bloků. Toto bylo zpracováno pro lepší představu studentů, protože model dopravníku má sloužit také jako učební pomůcka. Jedná se o proměnné uvedené na obrázku 5.6. Většina těchto proměnných pracuje s Boolovou logikou, tedy logická 1 – zapnuto, logická 0 – vypnuto, tabulka 4. Výjimku tvoří proměnné *vyska_valecku_v_mm* a *otacky_motoru*. Tyto proměnné zobrazují konkrétní číslo typu *Real*.



Obr. 5.6: Kontrola stavů v jazyku FB

Tabulka 4: Legenda k proměnným v jazyce FB

Tag	Logická úroveň	Popis
<i>vyhazovac_OFF_cidlo</i>	0	Vyhazovač vysunut.
<i>vyhazovac_ON_cidlo</i>	1	
<i>vyhazovac_OFF_cidlo</i>	1	Vyhazovač zasunut.
<i>vyhazovac_ON_cidlo</i>	0	
<i>zastavovac_OFF_cidlo</i>	0	Zastavovač vysunut.
<i>zastavovac_ON_cidlo</i>	1	
<i>zastavovac_OFF_cidlo</i>	1	Zastavovač zasunut.
<i>zastavovac_ON_cidlo</i>	0	
<i>info_TOTAL_STOP</i>	0	Nebyl zmáčknut TOTAL STOP.
<i>info_TOTAL_STOP</i>	1	Byl zmáčknut TOTAL STOP.
<i>info_prazdny_zasobnik</i>	0	Zásobník není prázdný.
<i>info_prazdny_zasobnik</i>	1	Prázdný zásobník.



5.2.4 Možné nepřesnosti

Stane-li se, že v proměnné *otacky_motoru* (obrázek 5.6) zůstane číselná hodnota i přesto, že je dopravníkový pás zastaven, nejedná se o chybu, nýbrž o fakt, že byl dopravníkový pás zastaven v místě, kdy indukční čidlo *BI* trvale snímá plošku kovového terče na rotujícím válečku a ukazuje tedy maximální rychlost, viz kapitola 3.1 Čidlo E2EL-X1R5F1 2M.

Na rotujícím válečku, který snímá indukční čidlo *BI*, je alespoň jedna z plošek umístěna mimo středovou osu ostatních terčů. To způsobuje skokové změny v této proměnné, nepřesné informace o rychlosti dopravníkového pásu a nemožnost s touto proměnnou dále pracovat.

Obě tyto nepřesnosti jsou přenášeny i do komponenty PanelView.

5.2.5 Výška válečku a možné zkreslení

Jak již bylo řečeno dříve, výšku válečku snímá bezdotykové čidlo SMAT-8E-S50-IU-M8 na základě vysunutí pneumatického válce ADVU-12-15-A-P-A. Toto bezdotykové čidlo je připojeno přes PLC automat a díky němu je možné vidět v programu měnící se hodnoty při vysouvání a zasouvání pneumatického válce. Tyto hodnoty jsou bezrozměrné a podle nich je rozhodováno, je-li váleček v normě, nebo má být vyhozen z dopravníkového pásu. Hodnoty jednotlivých válečků jsou měřeny při tlaku 4 bar a jsou uvedeny v tabulce 5.

Pro přesnou výšku válečku je nutné znát konstantu pro přepočet. Tato konstanta byla stanovena poměrem výšky válečku, změřené pomocí čidla SMAT-8E-S50-IU-M8 k fyzickému změření výšky reálného válečku, vzorec 5.1.

$$k = \frac{h_c}{h_{mm}} = \frac{11,345}{24,450} = 0,464 \quad (5.1)$$

kde

k je konstanta pro přepočet výšky válečku,

h_c je bezrozměrná výška válečku, snímaná čidlem SMAT-8E-S50-IU-M8,

h_{mm} je výška válečku v milimetrech.

Pomocí této konstanty lze následně spočítat přesnou výšku válečku v programu RSLogix, vzorec 5.2.



$$h_{mm} = \frac{h_c}{k} = \frac{11,345}{0,464} = 24,450 \text{ mm} \quad (5.2)$$

K dispozici byly dvě různé sady válečků s rozdílnou výškou, reprezentované světlou a tmavou barvou. Světlé válečky mají výšku od 24,788 do 24,959 mm, tmavé od 24,407 do 24,450 mm. Protože dané válečky nejsou vyrobeny s nulovou přesností, jsou hodnoty v tabulce 5 pro daný typ výšky mírně odlišné, v řádech setin milimetru. Je také nutno podotknout, že výška měřeného válečku je závislá i na tom, jakou část válečku pneumatický válec (měřič) snímá. Díky zastavovači, který je umístěn, dle mého názoru, příliš daleko od měřiče, jsou válečky měřeny až ve dvou třetinách své délky. U některých válečků tak, při vyšším tlaku v měřiči, docházelo k mírnému přizvednutí přední části válečku, což mělo za následek snížení jeho výšky v části zadní. Váleček se tedy mírně naklonil. Z tohoto důvodu byla u válečku chybně vyhodnocena výška. Tento problém by vyřešilo posunutí zastavovače o cca 2 mm blíže k měřiči, čímž by docházelo k měření uprostřed délky válečku a zabránilo by se tak nežádoucímu naklonění válečku. V extrémních případech by mohla výška válečku záviset i na promáčknutí dopravníkového pásu. Tento případ však při dodržení provozních tlaků jednotlivých pneumatických komponent nehrozí (viz kapitola 4.4 Pneumatické zapojení).

Dále byly změřeny poklesy napětí na měřicím čidle při plném vysunutí a plném zasunutí pneumatického válce. Následně i při měření výšky jednotlivých válečků. Tyto údaje jsou uvedeny v tabulce 5.



Tabulka 5: Hodnoty výšky válečků a napětí na čidle SMAT-8E-S50-IU-M8 při jejich měření

	U [V]	Výška [-]	Výška [mm]
Měřič zasunut	2,52	12,347	26,606
Měřič vysunut	1,57	7,648	16,483
Světlé válečky	2,37	11,581	24,959
	2,36	11,541	24,872
	2,35	11,502	24,788
	2,37	11,561	24,916
	2,36	11,541	24,872
Tmavé válečky	2,32	11,345	24,450
	2,32	11,325	24,407
	2,32	11,345	24,450
	2,32	11,345	24,450
	2,32	11,345	24,450

5.3 Vývojové prostředí RSView

Jedná se o vývojové prostředí, určené k vytváření vizualizací k činnosti zařízení připojenému k PLC automatu.

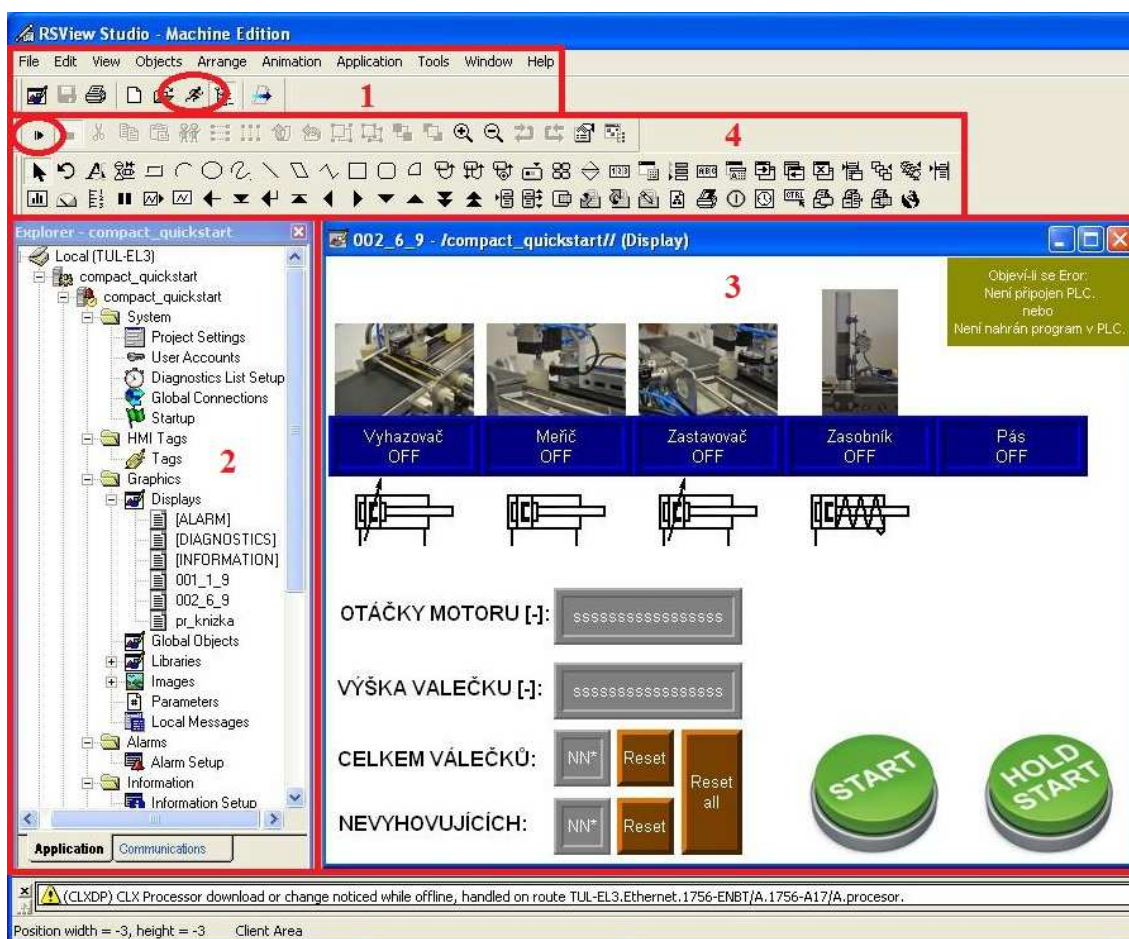
Před spuštěním vývojového prostředí RSView Studio (dále jen RSView) je nutné spustit stejné programy jako při spouštění vývojového prostředí RSLogix, tedy:

- BOOTP/DHCP Server,
- RSLinx Classic Professional,
- RSView Studio.

Všechny tyto programy vyžadují totožné nastavení a tentýž postup spouštění. Potřebné informace jsou uvedeny výše v kapitole 5.1 Vývojové prostředí RSLogix.

Vývojové prostředí lze rozdělit do čtyř základních sekcí, viz obrázek 5.7. V první sekci jsou základní operace typu *File*, *Open*, *Tools* apod. V druhé sekci je vidět složka s názvem vytvořeného programu, v tomto případě *compact_quickstart*. V této složce jsou umístěny další podsložky jako jsou např. *System*, *HMI Tags*, *Graphics*,

Alarms apod. Význam jednotlivých složek je uveden v manuálu v příloze na DVD. Třetí sekce je tvořena tzv. pracovní plochou. Sem je možné vkládat a rozmisťovat jednotlivé grafické prvky, obrázky, tlačítka apod. ze sekce jedna a čtyři. Tato pracovní plocha přesně koresponduje s displejem na reálném PanelView. Ve čtvrté sekci se nachází nástroje pro tvorbu vlastních grafických objektů. Vlevo nahoře lze také nalézt tlačítko pro simulaci. Tato simulace probíhá přímo v počítači, a tudíž není nutné nahrávat celý program do komponenty PanelView. To je výhodné především při odlaďování programu.

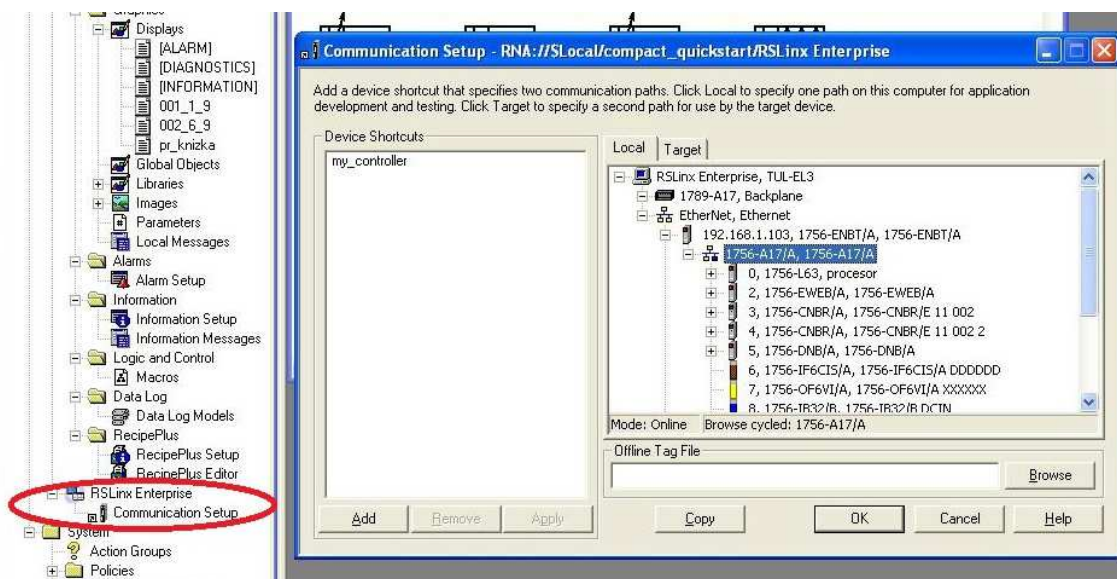


Obr. 5.7: Rozdělení RSView

5.3.1 Navázání komunikace

Před tvorbou vlastního programu, ve čtvrté sekci, je důležité vytvořit komunikaci mezi RSView a PLC automatem. V druhé sekci ve složce *RSLink Enterprise* je podsložka *Communication Setup*, viz obrázek 5.8. Kliknutím na tuto položku se ukáže okno *Communication Setup*, ve kterém je vidět, v levé části *Device Shortcuts*, název procesoru programovatelného automatu – *my_controller*. V pravé

části, v záložce *Local*, jsou vidět jednotlivé moduly PLC i PanelView. Pokud tyto moduly nejsou škrtnuté, znamená to, že komunikace je navázána a pokračujeme stiskem tlačítka OK.



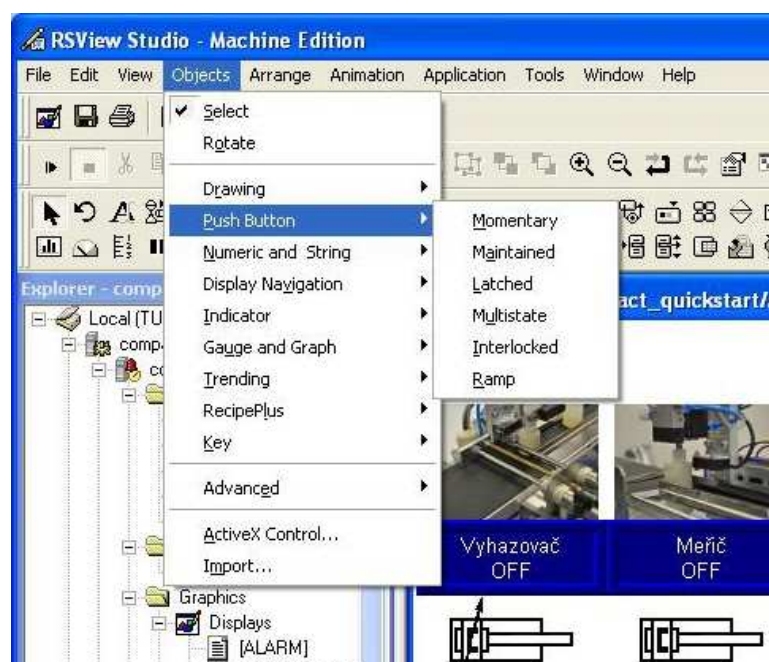
Obr. 5.8: RSLinx Enterprise

5.3.2 Tvorba nového displeje

Kliknutím pravým tlačítkem myši na položku *Displays*, ve složce *Graphics* v druhé sekci, obrázek 5.7 a vybráním možnosti *New Display*, se ukáže nabídka, kde je nutné zvolit název displeje a jeho rozlišení v závislosti na tom, jaký PanelView bude použit. V tomto případě je tedy použit PanelView Plus 1000 s rozlišením 640×480 bodů. Pokud by bylo použito vyšší rozlišení, než jaké uvádí výrobce, nebylo by po nahrání do tohoto PaneluView možné vidět celý vytvořený program. Po potvrzení těchto parametrů je již vytvořen nový displej.

5.3.3 Tvorba vlastního programu

Je-li vytvořen nový displej, je možné začít s tvorbou vlastního grafického programu. Kliknutím do první sekce (obrázek 5.7) na položku *Objects* se rozbalí nabídka s předdefinovanou grafikou, jako jsou tlačítka, indikátory apod. Tyto jednotlivé komponenty se nadále větví na dílčí typy, jak je možné vidět např. u tlačítka na obrázku 5.9. Lze tedy vybrat různé typy tlačítek.

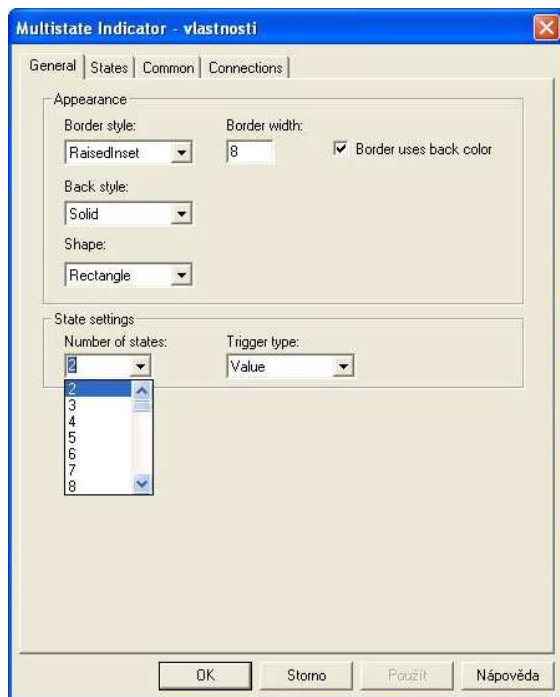


Obr. 5.9: Volba tlačítka

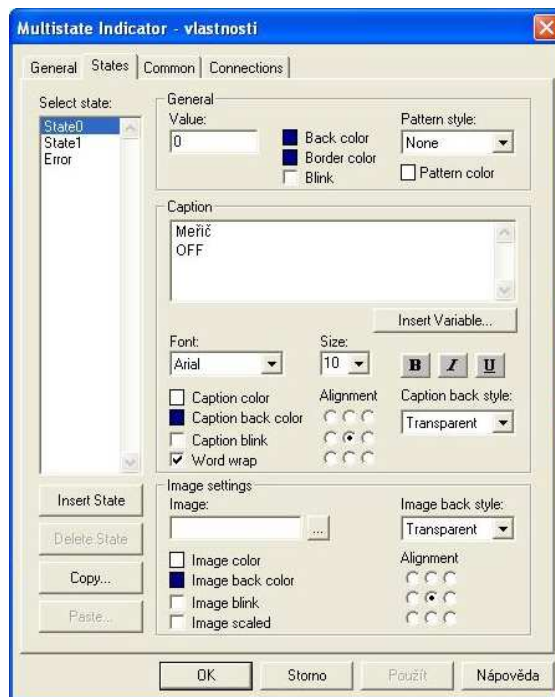
Pro ukázkou dalších nastavení je zvoleno vícestavové tlačítko *Multistate*. Po tomto výběru lze tlačítko umístit na pracovní plochu, kde je možné měnit jeho vlastnosti.

5.3.4 Vlastnosti objektu

Obrázek 5.10 ukazuje vlastnosti vybraného tlačítka, které jsou rozčleněny do čtyř záložek (tyto vlastnosti lze vyvolat i kliknutím pravým tlačítkem myši a zvolením *Properties*).



Obr. 5.10: Vlastnosti tlačítka



Obr. 5.11: Grafická úprava stavů

V první záložce *General* (obrázek 5.10) je možné nastavit různé vzhledy a tvary tlačítka. Důležitým políčkem je políčko *Number of states*, kde se nastavuje, kolik stavů bude toto tlačítko mít. V tomto případě jsou zvoleny dva stavy.

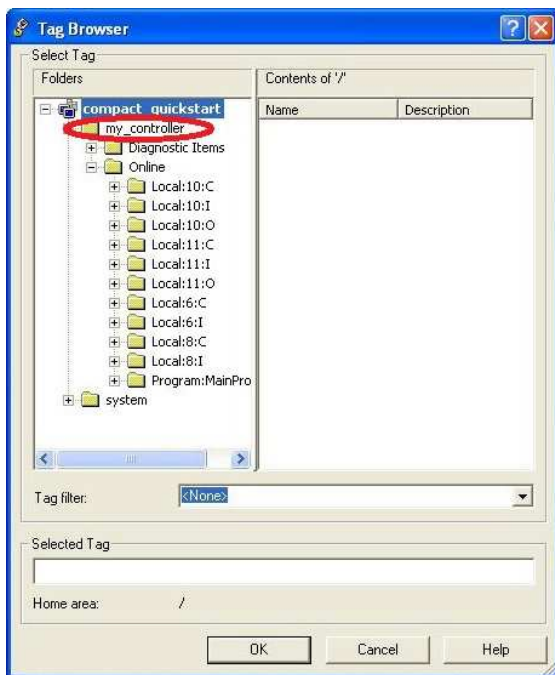
Druhá záložka *States* je rozdělena na dvě části, obrázek 5.11. V levé části je počet stavů (označeny jako *State0* a *State1*), které byly zvoleny v předchozí záložce. Navíc je zde stav *Error*. Tento stav nastane vždy, když nastavení stavů *State0* a *State1* nekoresponduje s činností programovatelného automatu. V pravé části záložky *States* je možné nastavit, jak mají jednotlivé stavy vypadat po grafické stránce. Lze tedy změnit barvu orámování tlačítka, pozadí tlačítka, napsat k němu titulek, popř. přímo do tlačítka nahrát obrázek z počítače. Jedná se o grafický program, proto je zde povoleno velké množství grafických úprav, aby byl program co nejvíce názorný a srozumitelný pro obsluhu PaneluView. Tyto úpravy lze provést u každého ze stavů v levé části včetně stavu *Error*.

Třetí záložka *Common* obsahuje informace o velikosti tlačítka a jeho přesném umístění od levého horního rohu pracovní plochy. Zde si také programátor může zvolené tlačítko pojmenovat.

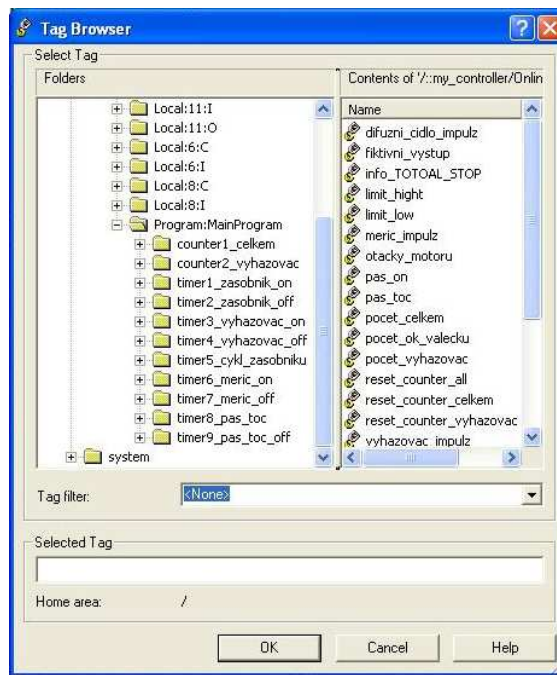
Poslední záložka *Connections* slouží k propojení tlačítka s reálným tlačítkem (např. s tlačítkem TOTAL STOP na čelním panelu modelu dopravníku), obrázek 5.12. Kliknutím na symbol tří křížků (obrázek 5.12) a potvrzením *připojit*, se otevře nové okno, které je rozděleno na dvě poloviny, obrázek 5.13. To umožňuje procházet tagy (proměnné) v počítači. V levé polovině se nachází seznam všech PLC modulů, které jsou momentálně používány. Před vlastním procházením je nezbytné kliknout pravým tlačítkem myši na *my_controller* v levé polovině a aktualizovat všechny složky. Tím se aktualizují proměnné vytvořené v programu RSLogix. Je nutné podotknout, že ve skutečnosti RSView neprochází proměnné v počítači, nýbrž přímo v připojeném PLC automatu. Záleží tedy, jaký program je do programovatelného automatu nahrán přes program RSLogix. Aktualizované proměnné se ukáží v pravé polovině okna, obrázek 5.14. Po výběru příslušného tagu a potvrzením OK je proměnná přiřazena k tlačítku. Nyní bude tlačítko přesně simulovat reálné tlačítko. Takovýmto způsobem lze vytvořit celý program.



Obr. 5.12: Záložka *Connections*



Obr. 5.13: Připojené moduly PLC



Obr. 5.14: Aktualizované tagy

5.3.5 Převod na spustitelný soubor pro PanelView

Vývojové prostředí RSVIEW vytváří soubory s příponou *.med*. Tyto soubory lze v rámci prostředí RSVIEW simulovat a ověřit tím jejich správnost. Aby bylo možné vytvořený program spustit v komponentě PanelView, je zapotřebí vytvořit spustitelný soubor pro tuto komponentu. Tedy převést vytvořený program s příponou **.med* na program s příponou **.mer*. K tomuto převodu slouží tlačítko *Test Application* přímo ve vývojovém prostředí RSVIEW. Tlačítko se nachází v první sekci, viz obrázek 5.7.

5.3.6 Problém s kompatibilitou

Bylo nutné vyřešit problém s kompatibilitou programu *FactoryTalk* (zkratka CPR). Tento program lze chápat jako podpůrný program pro spuštění programů RSLinx, RSLogix a RSVIEW. Nejprve byla nainstalována verze CPR9. Ta znemožňovala nainstalovat program RSVIEW. Po reinstalaci na verzi CPR7 se sice podařilo nainstalovat program RSVIEW, nicméně program RSVIEW nekomunikoval s programem RSLogix, tudíž nebylo možné, pro graficky vytvořený program, přiřadit jednotlivé proměnné. Řešení přinesla až reinstalace programu RSLinx Classic Profesional, verze 2.50.00.22 (CPR9), na RSLinx Classic for RSVIEW, verze 2.50.00.20 (CPR7). Tato verze tzv. „vidí“ do programu RSLinx a proto je možné přiřadit jednotlivé proměnné ke grafickému návrhu v programu RSVIEW.



5.3.7 PanelView

PanelView Plus 1000 je zařízení sloužící k vizualizaci procesů, které jsou vykonávány programovatelným automatem, potažmo modelem dopravníku. Je zasazen do konstrukce spolu s PLC automatem, obrázek 5.15. V této diplomové práci je použit PanelView Plus 1000 (dále jen PanelView) od společnosti Allen-Bradley.

Zvolený typ PanelView má 10,4" velký dotykový displej s rozlišením 640×480 bodů. Je možné jej napájet stejnosměrným napájecím napětím v rozmezí 18 až 32 V. V tomto případě je napájení 24 V DC. PanelView pracuje na operačním systému Windows CE. Bližší specifikace tohoto PanelView jsou uvedeny v příloze na DVD. [30]



Obr. 5.15: PanelView Plus 1000

5.4 Vizualizace a obsluha třídící linky

Program pro simulaci třídící linky byl vytvořen ve vývojovém prostředí RSView Studio, verze 4.00.00 (CPR7). Program byl vytvářen tak, aby plně simuloval tuto třídící linku a zároveň byl jednoduchý a názorný pro obsluhu.

Na obrázku 5.16 je vidět návrh grafického prostředí pro ovládání třídící linky. V horní polovině je vyobrazena informační lišta s jednotlivými stanovišti, jejich pohony a stavy, které na nich mohou nastat. Tato lišta je seřazena tak, aby přesně korespondovala s projíždějícím válečkem třídící linkou, tedy zprava doleva. Pokud je na informační liště tmavě modrá barva s nápisem OFF, znamená to, že na dané stanoviště není poslán signál a je neaktivní. Změní-li barvu na zelenou s nápisem ON, je na



příslušné stanoviště poslán signál z PLC automatu a stanoviště vykonává svoji funkci, obrázek 5.17. Nad každým stanovištěm je pro lepší představu jeho miniatura. Obsahuje-li stanoviště pneumatický prvek, je doplněn schematicou značkou.

Pod schematickými značkami pneumatických prvků se nachází druhá informační lišta. Ta informuje o tom, že v zásobníkovém válci nejsou válečky, které by mohly být vysunuty na dopravníkový pás a je nutné je doplnit. Pokud k tomuto dojde, informační lišta se červeně rozbliká s nápisem „PRÁZDNÝ ZÁSObNÍK“. Následně je nutné vypnout program tlačítkem STOP (viz níže), doplnit válečky, resetovat tuto informační lištu tlačítkem RESET vedle této lišty a opět zapnout program tlačítkem START.

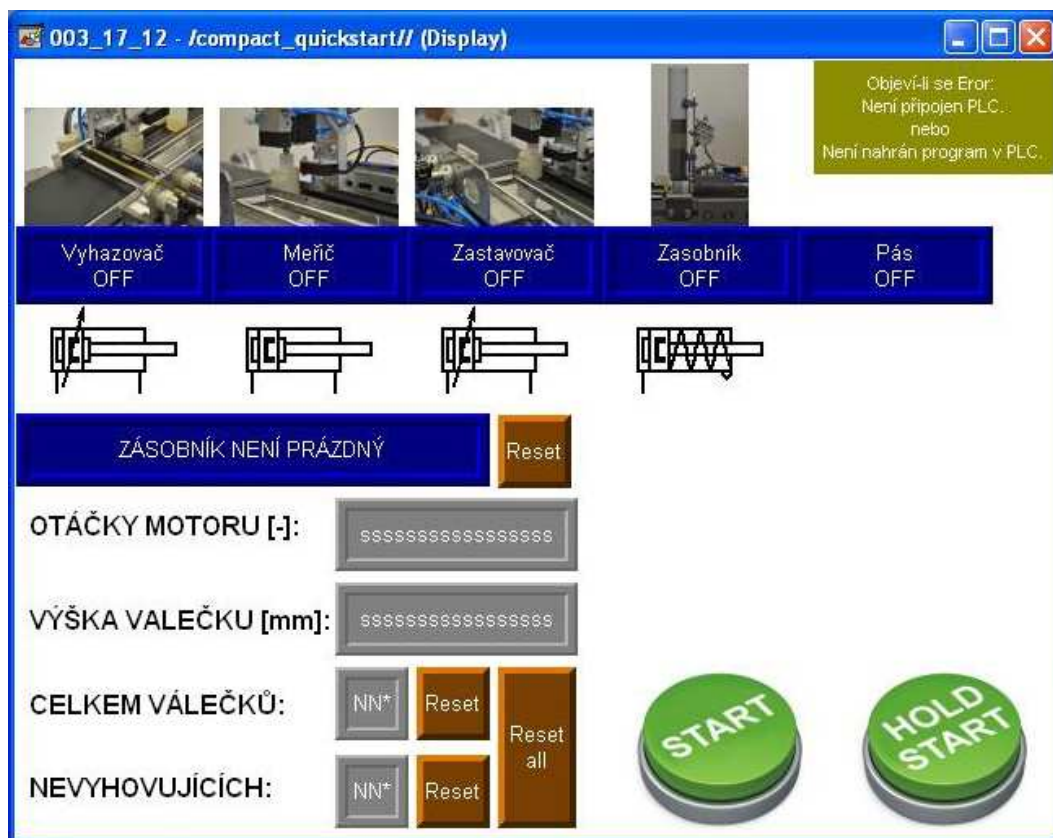
Ve spodní části obrazovky jsou informační pole zobrazující otáčky motoru a výšku válečku v milimetrech. Tyto hodnoty se mění spojitě. Pole CELKEM VÁLEČKŮ a NEVYHOVUJÍCÍCH počítají tříděné válečky. Tato pole mají také možnost nulování. Buď jednotlivě, stiskem resetovacího tlačítka RESET vedle příslušného pole, nebo najednou, stiskem tlačítka RESET ALL.

V pravé dolní části displeje jsou umístěna dvě tlačítka. Zeleným tlačítkem START je spuštěn program nahráný v programovatelném automatu. Toto tlačítko se po stisku změní na červené STOP tlačítko, kterým lze program opět vypnout. Druhé zelené tlačítko HOLD START slouží k tzv. ručnímu ovládání, kdy je nutné toto tlačítko držet, aby byl program vykonáván. To je výhodné především, chceme-li demonstrovat funkci dílčích stanovišť.

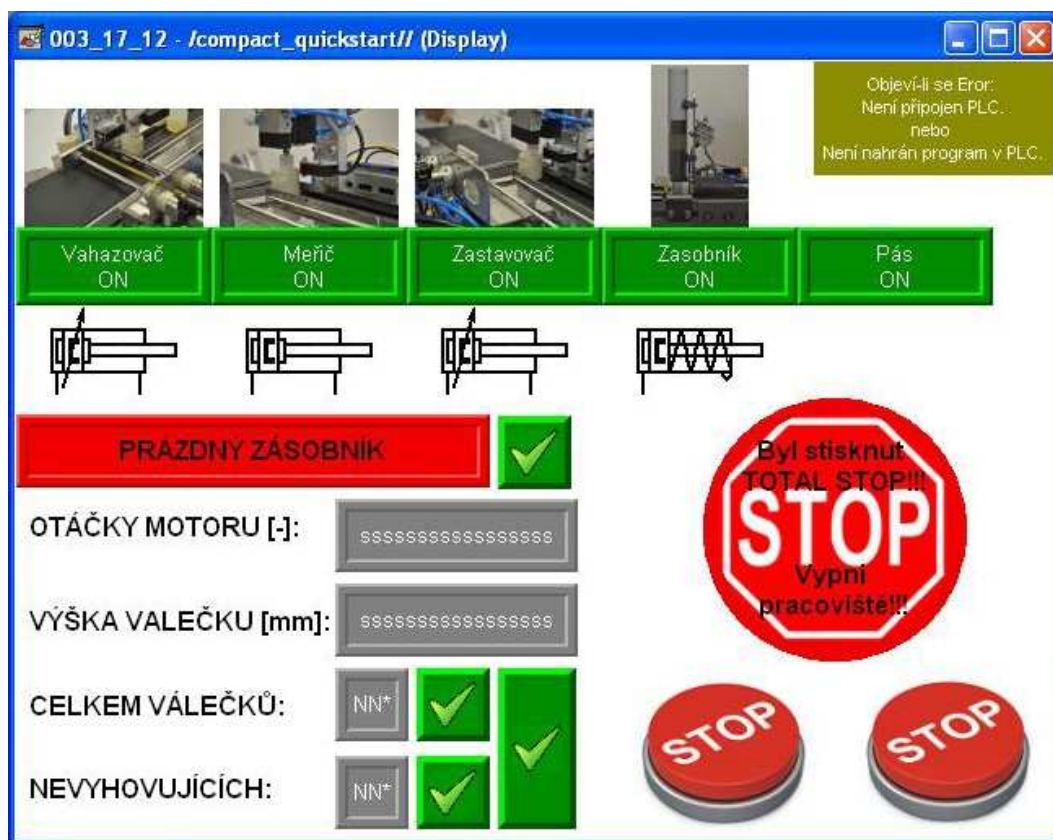
Nad těmito tlačítky je umístěna kontrolka TOTAL STOP, obrázek 5.17, která se v případě stisknutí tlačítka TOTAL STOP, na čelním panelu modelu dopravníku, rozbliká a celý systém se zastaví. Pokud tlačítko není stisknuto, nezobrazuje se na displeji žádný symbol, obrázek 5.16, aby nepůsobil rušivě.

U všech výše zmíněných aktivních prvků (myšleno prvky, které mají alespoň dva stavy – tlačítka, kontrolky, informační lišty apod.) může nastat třetí stav – ERROR. Tento stav nastane v případě, není-li připojen PLC automat, popř. není-li v PLC automatu nahrán program. Na tuto skutečnost upozorňuje obsluhu informační text v pravém horním rohu.

Všechny změny uvedené v této podkapitole jsou patrné porovnáním obrázků 5.16. a 5.17.



Obr. 5.16: První stav tlačítek



Obr. 5.17: Druhý stav tlačítek



6 Úloha do výuky

Protože model dopravníku má také sloužit jako učební pomůcka pro studenty Technické univerzity v Liberci, byla vytvořena sada úloh do předmětu Prostředky automatického řízení. Tyto úlohy mají za úkol seznámit studenty s programovatelnými automaty, přiblížit vytváření programů v programovém prostředí RSLogix a položit základy tvorby vlastního programu v programovacím jazyce LD, popř. FBD. Úlohy kladou důraz na pochopení zadaného problému, který lze vždy po logické úvaze vyřešit.

Pro studenty byly zhotoveny dva programy. První na ruční ovládání modelu dopravníku, kde se student seznámí s ovládacími prvky a bude moci každou z komponent ovládat. Zde je např. ošetřeno, aby student nemohl vysunout měřič, je-li puštěn dopravníkový pás. Mohlo by totiž dojít k nadměrnému přetížení motoru pohánějící dopravníkový pás a následnému poškození.

Druhý program vyžaduje od studentů pochopení jednotlivých příček Ladder diagramu a následné doplnění příslušných bloků, popř. celých příček pro splnění zadaných úkolů.

Pro studenty byla vytvořena vzorová úloha ve formátu *.pdf*, která také stručně popisuje model dopravníku a jeho funkce. Kapitola 6.1 je tedy pouze demonstrativní výňatek z této vzorové úlohy. Celá vzorová úloha je uvedena v příloze na DVD. Analogicky k těmto úkolům byla vytvořena vzorová úloha s řešeními pro cvičící, která je opět přiložena na DVD. Dále byly vytvořeny příručky pro počáteční inicializaci programu RSLogix, ovládání programů RSLogix a RSView, taktéž přiloženy na DVD.

6.1 Úkoly pro studenty

Seznamte se s prvky úlohy:

1. Seznamte se s jednotlivými prvky modelu dopravníku (dopravníkový pás, pneumatické válce, čidla atd.).
2. Prostudujte pokyny pro počáteční inicializaci a návod pro ovládání programu RSLogix 5000.



3. Spustíte program „rucni_ovladani“. Zde si vyzkoušejte ovládání každé komponenty pomocí Boolovy logiky a sledujte měnící se hodnoty proměnných v jazyce LD i FBD.

Spustíte program „úloha“ a prostudujte jeho činnost:

1. Optimalizujte časové konstanty v časovačích TON tak, aby nevznikaly prodlevy při třídění válečků a pneumatické válce plnily své funkce ve správných časech. Např. projede-li špatný váleček, vyhazovač zareaguje pozdě a nestihne tak váleček vysunout z dopravníkového pásu. Neměňte čas u časovače timer7!!!
2. V jazyce LD zajistěte, aby se výška válečků zobrazovala v milimetrech. Tuto hodnotu zobrazte také v jazyce FB. Pomůcka: Čidlo měří výšku válečku s hodnotou 11,345. Skutečná výška válečku je 24,450.
3. V jazyce FB připojte TOTAL STOP. Bude-li toto tlačítko stisknuto na čelním panelu modelu dopravníku, zobrazí příslušný blok v jazyce FB logickou 1.
4. V jazyce LD zařídte, aby pneumatický prvek v zásobníkovém válci pracoval cyklicky (opakovaně vysunoval válečky).
5. V jazyce LD zařídte, aby byly počítány válečky a tuto funkci zobrazte ve FB
 - a) Všechny
 - b) Špatné
 - c) Správné
6. Jakmile nebudou v zásobníkovém válci válečky, zajistěte, aby se model dopravníku po vámi zvoleném čase zastavil. Tzn. na všech částech modelu dopravníku konající práci, nastavte hodnotu logické 0.
7. Zajistěte, aby byly vyhazovány válečky, které nyní projíždí a naopak.



Závěr

Na počátku diplomové práce byl mechanismus modelu dopravníku a programovatelný automat 1756-L63 od firmy Allen-Bradley. Model dopravníku nebyl elektricky zapojen ani nikterak oživen a bylo nutné provést fyzické propojení mezi těmito systémy. Návrh elektrického schématu popisuje čtvrtá kapitola. Samotné propojení mezi programovatelným automatem a dopravníkem bylo vytvořeno pomocí prodlužovacího kabelu. Protože na trhu nebyl vhodný prodlužovací kabel nalezen, musel být zhotoven. Jako konektor byl zvolen konektor CAN 25. Následně byla provedena instalace DIN lišty do podstavy dopravníku, na kterou byly připevněny svorkovnice. Ty jsou rozčleněny do čtyř kategorií – signálová, pro přívod kladného napájecího napětí, pro rozvod kladného napájecího napětí a GND. Poté bylo nezbytné navrhnout a realizovat na podstavě dopravníku čelní panel pro ovládání, který obsahuje tlačítka a kontrolky pro vizuální signalizaci, inspirovaný panely z praxe. Pro tento panel bylo navrženo a realizováno elektrické a signálové zapojení.

Po hardwarovém zapojení byla řešena softwarová část. Nejprve byl vytvořen algoritmus pro řízení modelu dopravníku pomocí programovatelného automatu 1756-L63. K realizaci řízení bylo nutné vytvořit dva programy. První převádí myšlenku algoritmu do reálné podoby, tedy fakticky řídí model dopravníku. Program byl realizován v programovacím jazyce Ladder diagram, který je vhodný pro řešení tohoto typu úlohy. Vybrané proměnné byly zpracovány i v jazyce Function block diagram, což popisuje pátá kapitola. Zde je také vysvětleno zkreslení, které může při měření nastat, a jsou naznačeny nežádoucí situace, ke kterým může docházet při chodu programu. Druhý program vizualizuje proces třídění válečků v simulaci prostředí RSView.

Součástí této práce bylo také zhotovení úlohy pro účely výuky předmětu *Prostředky automatického řízení*, popsané v kapitole šest. Pro studenty byly zhotoveny dva programy. V prvním programu si studenti vyzkouší ruční ovládání dopravníku, druhý je s úkoly, které kladou důraz na správné pochopení jazyka Ladder diagram. Společně s tím byla vytvořena úloha s řešeními pro cvičící. Dále byly vytvořeny návody pro obsluhu vývojových prostředí RSLogix a RSView, včetně počáteční inicializace RSLogixu. Tyto návody jsou uvedeny pouze v příloze na DVD.

Použitý programovatelný automat je od společnosti Allen-Bradley, tedy od společnosti, která nemá na evropském trhu příliš velké zastoupení a dominuje spíše trhu



Severní Ameriky, což přinášelo značné úskalí v dostupnosti hledaných podkladů a materiálů. Na Fakultě mechatroniky jsou používány převážně PLC systémy od společností Siemens a Teco, ale PLC systém od společnosti Allen-Bradley nebyl do této doby používán. Přínosem této práce jsou nové poznatky v řízení pomocí těchto programovatelných systémů, které ocení především studenti v předmětu *Prostředky automatického řízení*.

Oživením modelu dopravníku a jeho uvedením do provozu byly zjištěny nedostatky, které by bylo vhodné odstranit. Tyto nedostatky však nejsou pro provoz třídící linky nikterak zásadní.

- Na stanoviště vstupního zásobníku přidat další čidlo přítomnosti, například čidlo E3Z-L81 2M od společnosti OMRON, které je již použito na kontrolním stanovišti. To by zajišťovalo možnost okamžitého zastavení modelu dopravníku v případě, že je prázdný zásobníkový válec a opětovné automatické spuštění po doplnění válečků do zásobníku. V tuto chvíli je automatické zastavení realizováno tak, že nezaznamená-li čidlo přítomnosti na kontrolním stanovišti váleček déle než 4 sekundy, dojde k zastavení. Po takovémto zastavení, není možné dopravník opět automaticky spustit.
- Spojitě ovládat motor na pohonu dopravníkového pásu. Tím by vznikla možnost řídit rychlost třídění válečků nejen pomocí frekvence vysunutí a zasunutí pneumatického válce na stanovišti vstupního zásobníku, ale i regulací rychlosti dopravníkového pásu. Toto by vyřešilo přidání zásuvného modulu do šasi programovatelného automatu, který by dokázal pracovat s napětím 24 V.
- Automaticky ovládat tlak kompresoru, například použitím vhodného přetlakového ventilu.
- Pneumatický válec zastavovače by měl být umístěn blíže k pneumatickému válci měřiče, čímž by se zamezilo nežádoucímu naklonění válečku, ke kterému může při použití vyšších tlaků docházet. Problematika je detailněji rozepsána v kapitole 5.2.5 Výška válečku a možné zkreslení.
- Zvětšit otvor v zásobníkovém válci. Při současné velikosti otvoru dochází k občasnému zaseknutí posledního válečku.

Všechny body zadání byly splněny, a proto je možné konstatovat, že rozsah diplomové práce byl naplněn.



Literatura

- [1] ŠMEJKAL, Ladislav; MARTINÁSKOVÁ, Marie. *PLC a automatizace*. 1. vydání, 4. dotisk. Praha : BEN – technická literatura, 2009. 224 s. ISBN 978-80-86056-58-6.
- [2] LUDVÍK, Kochaníček. *Http://coptel.coptkm.cz/* [online]. 1.2.2010 [cit. 2011-02-10]. Co je to PLC. Dostupné z WWW: <<http://coptel.coptkm.cz/index.php?action=2&doc=2051&docGroup=179&cmd=0&instance=1>>.
- [3] *Wikipedia* [online]. 8. 9. 2010 [cit. 2011-02-23]. Programovatelný logický automat. Dostupné z WWW: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Programovateln%C3%BD_logick%C3%BD_automat>.
- [4] SMUTNÝ, Lubomír; KLEČKA, Radim. *E-automatizace* [online]. 2009 [cit. 2011-07-16]. Akční členy. Dostupné z WWW: <http://www.e-automatizace.cz/ebooks/ridici_systemy_akcni_cleny/Akc_pneu.html>.
- [5] *Kompaktní PLC automat* [online]. 2011 [cit. 2011-02-23]. Omron. Dostupné z WWW: <http://industrial.omron.cz/cs/products/catalogue/automation_systems/programmable_logic_controllers/compact_plc_series/cp1l/default.html>.
- [6] KAHÁNEK, Michal. Modulární řídicí počítače PAC. *Automatizace* [online]. září 2006, roč. 49, č. 9, [cit. 2011-03-08]. Dostupný z WWW: <<http://www.automatizace.cz/article.php?a=1376>>.
- [7] ŠMEJKAL, Ladislav. Vývojové systémy pro PLC a PAC – přehled trhu. *Automatizace* [online]. Březen 2007, roč. 50, č. 3, [cit. 2011-03-10]. Dostupný z WWW: <<http://www.automatizace.cz/article.php?a=1686>>.
- [8] MARTINÁSKOVÁ, Marie. Programovací jazyky pro PLC. *Automatizace* [online]. červen 2004, roč. 47, č. 6, [cit. 2011-03-09]. Dostupný z WWW: <<http://www.automatizace.cz/article.php?a=142>>.
- [9] PINTO, Jim. *InTech* [online]. 2009 [cit. 2011-03-20]. History of the PLC. Dostupné z WWW: <http://www.isa.org/Content/ContentGroups/News/2006/February24/History_of_the_PLC.htm>.
- [10] *Wikipedia* [online]. 2011 [cit. 2011-03-20]. Programmable logic controller. Dostupné z WWW: <http://en.wikipedia.org/wiki/Programmable_logic_controller>.
- [11] CENDELÍN, Jiří. Historie programovatelných automatů a jejich současné efektivní použití. *Automa* [online]. červen 2003, č. 6, [cit. 2011-03-20]. Dostupný z WWW: <http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=28831>.



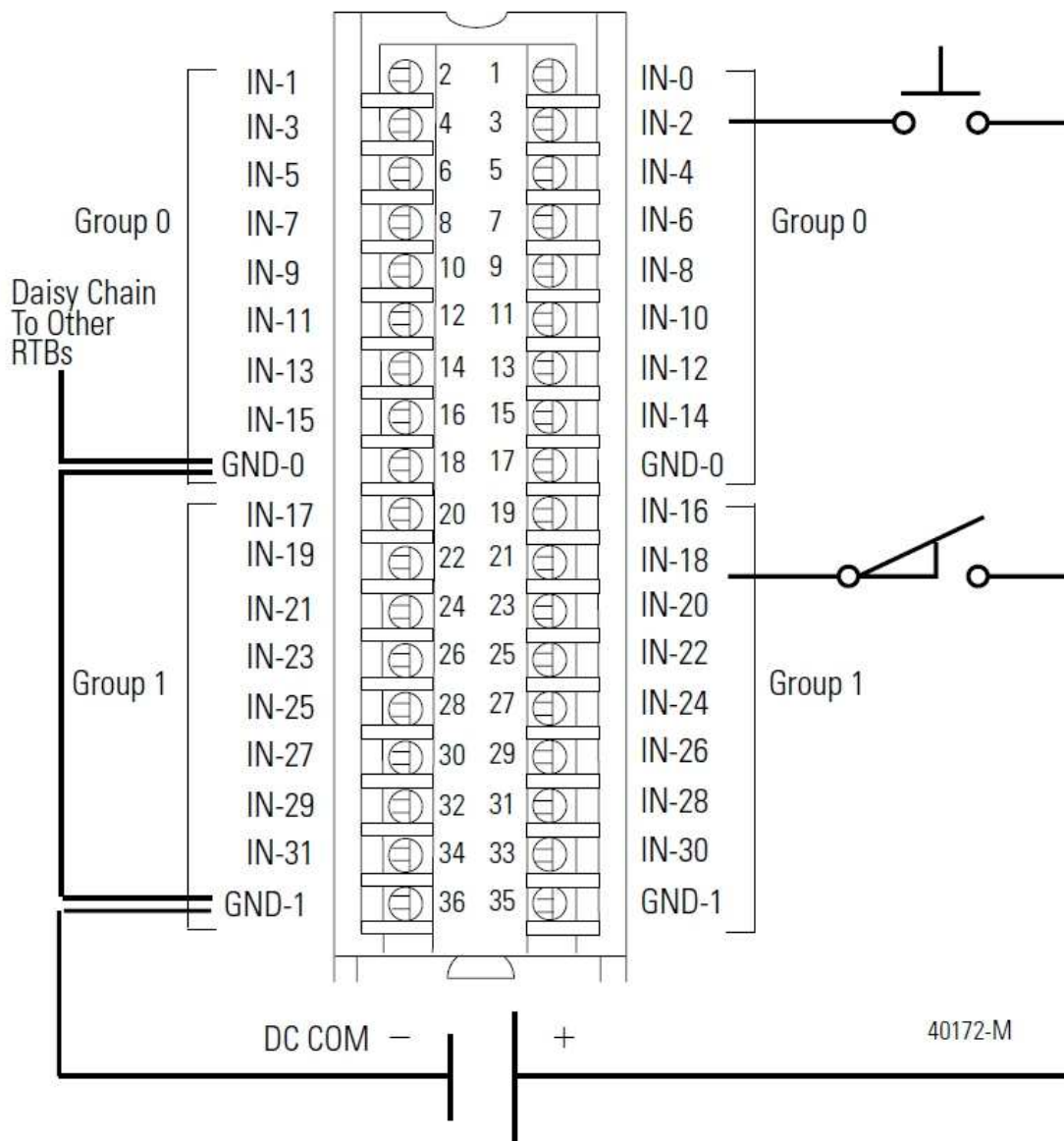
- [12] SMUTNÝ, Lubomír; KLEČKA, Radim. *E-automatizace* [online]. 2009 [cit. 2011-03-20]. Řídicí systémy. Dostupné z WWW: <http://www.e-automatizace.cz/ebooks/ridici_systemy_akcni_cleny/R_PLC.html>.
- [13] ZEŽULA, František, et al. *Vaeprosyst* [online]. 1.10.2003 [cit. 2011-03-20]. Programovatelné automaty. Dostupné z WWW: <http://www.vaeprosyst.cz/Dokumentace/Programovatelne_automaty/Programovatelne_automaty-Skripta_FEKT_VUT_Brno.pdf>.
- [14] *Elfa-srb s.r.o.* [online]. 2008 [cit. 2011-04-02]. Optická čidla. Dostupné z WWW: <<http://www.elfa.cz/products/difuzni.htm>>.
- [15] ANON [online]. [cit. 2011-04-05]. Dostupné z WWW: <<http://www.linharttronik.cz/file.php?nid=3507&oid=427527>>.
- [16] *Rockwell Automation* [online]. 2011 [cit. 2011-07-20]. Who We Are. Dostupné z WWW: <http://www.rockwellautomation.com/about_us/>.
- [17] SMUTNÝ, Lubomír; KLEČKA, Radim. *E-automatizace* [online]. 2011 [cit. 2011-07-21]. Akční členy. Dostupné z WWW: <http://www.e-automatizace.cz/ebooks/ridici_systemy_akcni_cleny/Akc_el.html>.
- [18] BAYER, Jiří; HANZÁLEK, Zdeněk; ŠUSTA, Richard. Logické řízení. 2. Praha: ČVUT, 2008. 270 s. ISBN 978-80-01-04106-2.
- [19] *Katalogový list: kompaktní válec ADVU-12-15-A-P-A – 156588*. FESTO, 2011. 1 s. Dostupné z WWW: <http://www.festo.com/pnf/cs_cz/products/catalog?action=search&Mode=portal&lang=cs&country=CZ&key=EZH-5%2F20-25-B&submit=>>.
- [20] *Katalogový list: válce dle norem DSNU-16-50-PPV-A – 19230*. FESTO, 2011. 1 s. Dostupné z WWW: <http://www.festo.com/pnf/cs_cz/products/catalog?action=search&Mode=portal&lang=cs&country=CZ&key=DSNU-16-50-PPV-A&submit=>>.
- [21] *Katalogový list: válce dle norem DSNU-16-80-PPV-A – 19231*. FESTO, 2011. 1 s. Dostupné z WWW: <http://www.festo.com/pnf/cs_cz/products/catalog?action=search&Mode=portal&lang=cs&country=CZ&key=DSNU-16-50-PPV-A&submit=>>.
- [22] SMC. *Základy pneumatiky* [online]. 2009 [cit. 2011-08-22]. Pneumatické lineární pohony. Dostupné z WWW: <http://2009.oc.smc-cee.com/sk/pdf/LG1_Antriebe.pdf>.
- [23] SMC. *Základy pneumatiky* [online]. 2009 [cit. 2011-08-22]. Ventily. Dostupné z WWW: <http://2009.oc.smc-cee.com/cz/pdf/LG1_Ventile.pdf>.
- [24] *KW-Software* [online]. 2011 [cit. 2011-08-27]. The IEC 61131 standard: basics and background. Dostupné z WWW: <<http://www.kw-software.com/com/iec-61131-sps/2876.jsp#3217>>.



- [25] SMC. *Základy pneumatiky* [online]. 2009 [cit. 2011-08-22]. Elektronické řízení. Dostupné z WWW: <http://2009.oc.smc-ccc.com/cz/pdf/LG2_Steuerungen.pdf>.
- [26] *High Frequency Inductive Proximity Sensor E2EL*. OMRON, 2011. 8 s. Dostupné z WWW: <<http://www.rakurs.su/files/ControlComponents/D06E-EN-01+E2EL+Datasheet.pdf>>.
- [27] *General purpose sensors in compact plastic housing E3Z*. OMRON, 2011. 24 s. Dostupné z WWW: <http://www.pak.lt/_admin/fck/data/users/admin/File/PDF/Photoelectric/E701-E2-01-X+E3Z+Datasheet.pdf>.
- [28] *Katalogový list: vysílač polohy SMAT-8E-S50-IU-M8 – 540191*. FESTO, 2011. 1 s. Dostupné z WWW: <http://www.festo.com/pnf/cs_cz/products/catalog?action=search&Mode=portal&lang=cs&country=CZ&key=SMAT-8E-S50-IU-M8&submit=>>.
- [29] *Katalogový list: čidlo SME-8-K-LED-24 – 150855list - čidlo SME-8-K-LED-24 - 150855*. FESTO, 2011. 1 s. Dostupné z WWW: <http://www.festo.com/pnf/cs_cz/products/catalog?action=search&Mode=portal&lang=cs&country=CZ&key=SME-8-K-LED-24&submit=>>.
- [30] *PanelView Plus Terminals*. Allen-Bradley, 2009. 242 s. Dostupné z WWW: <http://samplecode.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/um/2711p-um001_-en-p.pdf>.
- [31] *1756 ControlLogix I/O Specifications*. Allen-Bradley, 2011. 192 s. Dostupné z WWW: <http://samplecode.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/td/1756-td002_-en-e.pdf>.
- [32] *STROZA s.r.o: Dopravník*, Rožnov pod Radhoštěm: Technická dokumentace, 2009. 9 s.
- [33] *STROZA s.r.o: Vstupní zásobník svislý*, Rožnov pod Radhoštěm: Technická dokumentace, 2009. 9 s.
- [34] *STROZA s.r.o: Kontrolní stanoviště*, Rožnov pod Radhoštěm: Technická dokumentace, 2007. 9 s.
- [35] *STROZA s.r.o: Vyhazovač II*, Rožnov pod Radhoštěm: Technická dokumentace, 2007. 9 s.

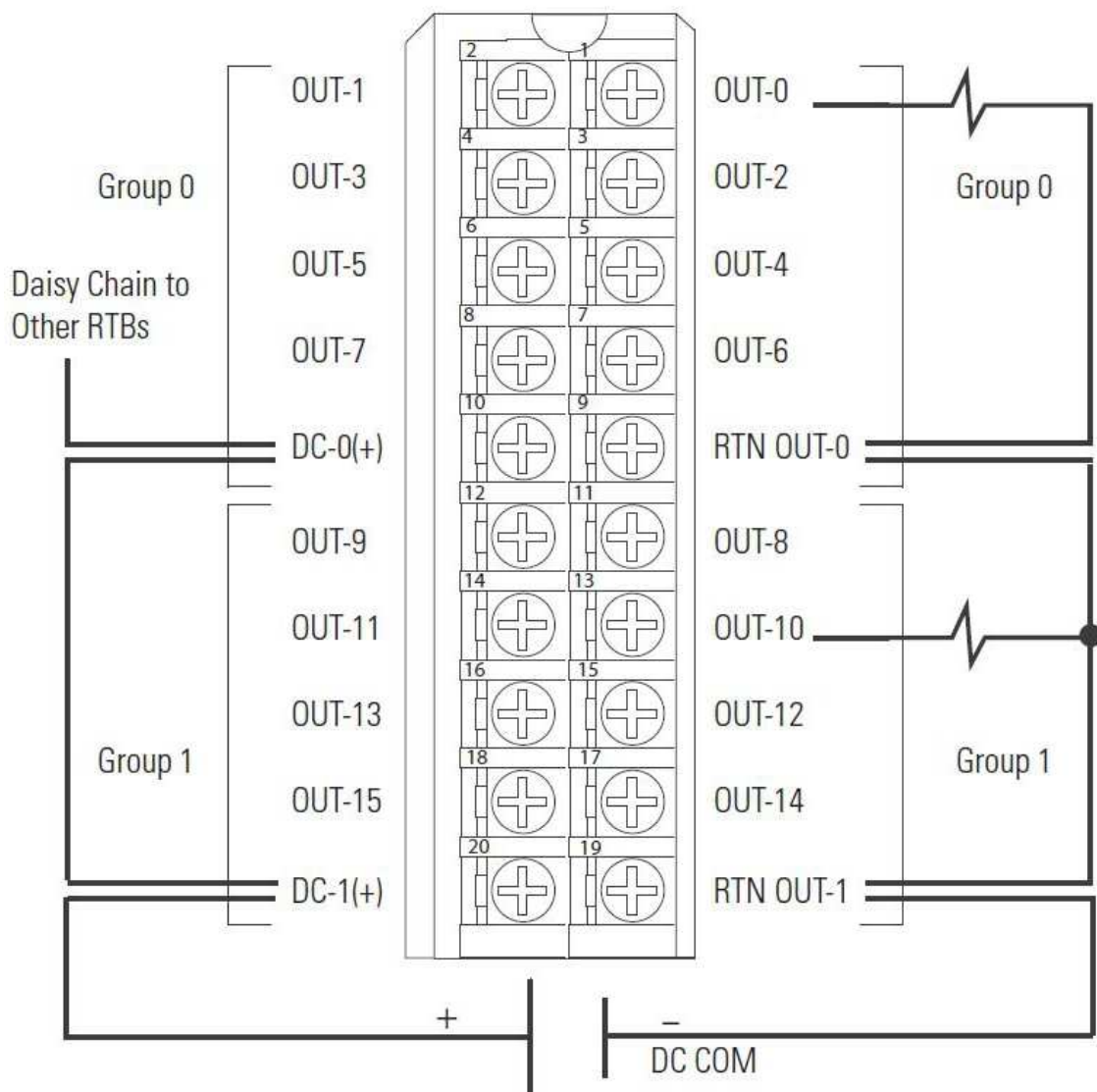
Příloha A: Zásuvný modul 1756-IB32/B [31]

Jedná se o zásuvný modul programovatelného automatu, konkrétně o digitální vstup. Jak je z přílohy A patrné, modul má 36 zdírek, z toho 32 pro připojení digitálních vstupů a 4 pro připojení GND. Tento modul se nachází v šasi zásuvných modulů na pozici 8.



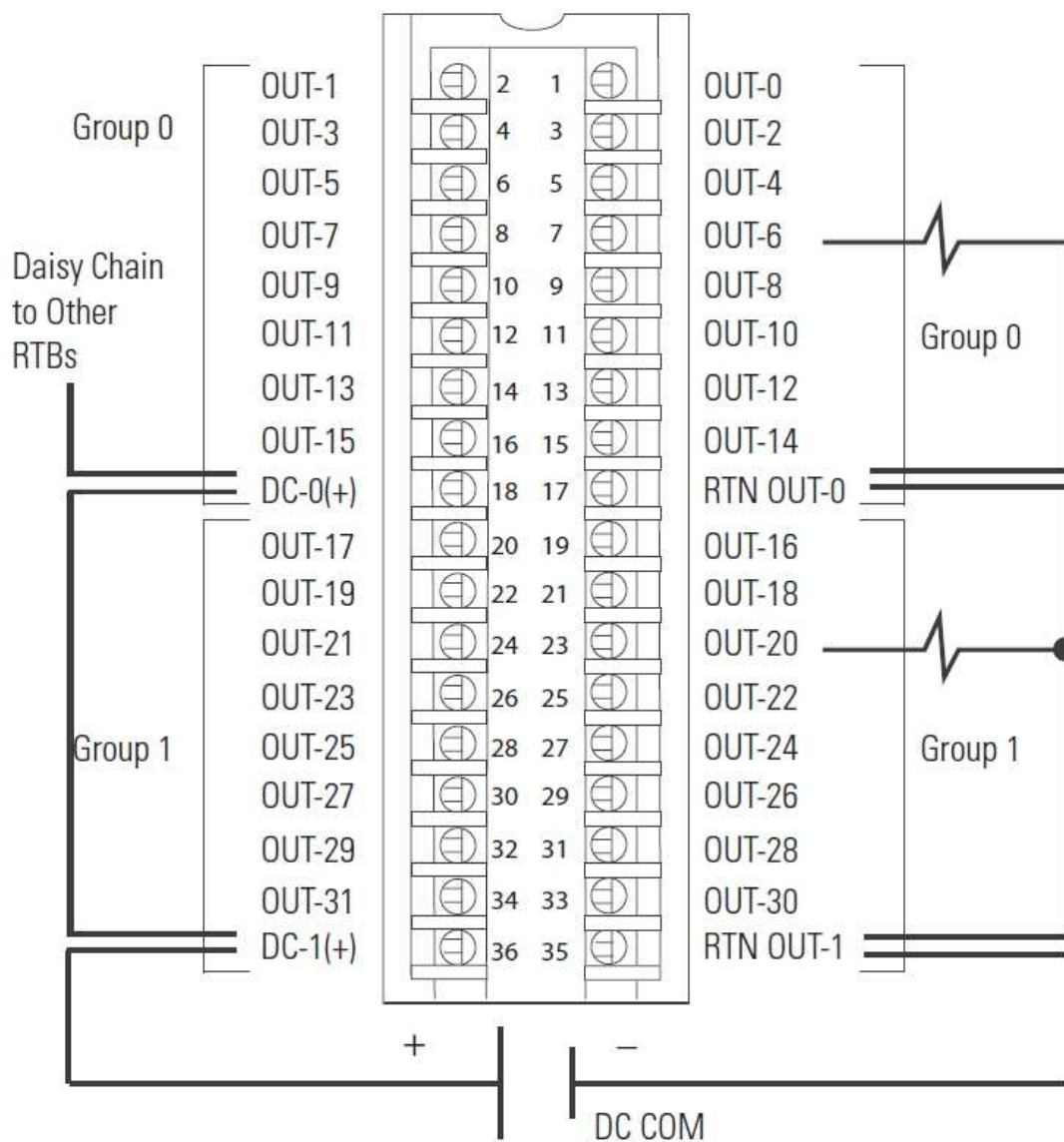
Příloha B: Zásuvný modul 1756-OB16E [31]

Jedná se o zásuvný modul programovatelného automatu, konkrétně o digitální výstup. Jak je z přílohy B patrné, modul má 20 zdířek, z toho 16 pro připojení digitálních výstupů, 2 pro připojení GND a 2 pro připojení napájecího napětí. Tento modul se nachází v šasi zásuvných modulů na pozici 10.



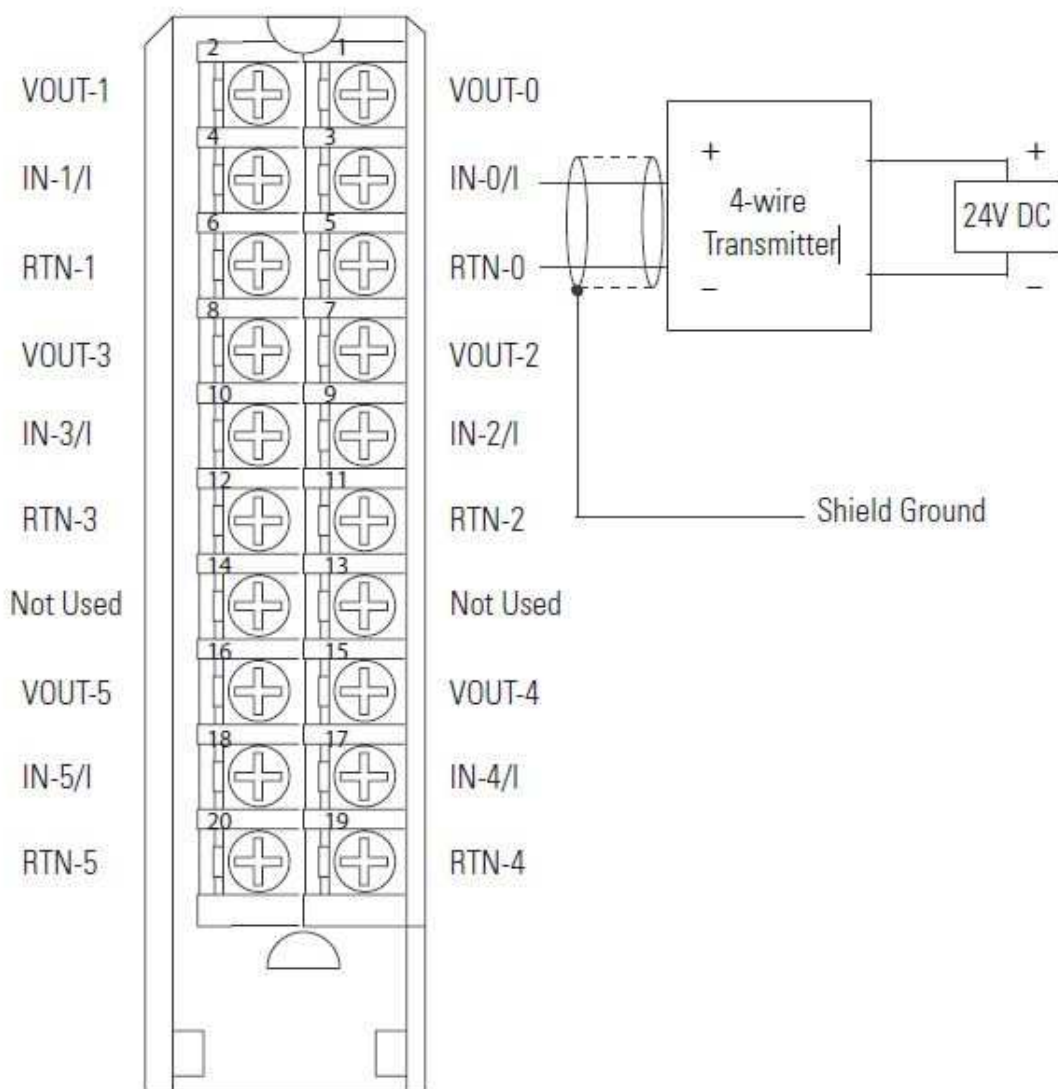
Příloha C: Zásuvný modul 1756-OB32 [31]

Jedná se o zásuvný modul programovatelného automatu, konkrétně o digitální výstup. Jak je z přílohy C patrné, modul má 36 zdířek, z toho 32 pro připojení digitálních výstupů, 2 pro připojení GND a 2 pro připojení napájecího napětí. Tento modul se nachází v šasi zásuvných modulů na pozici 11.



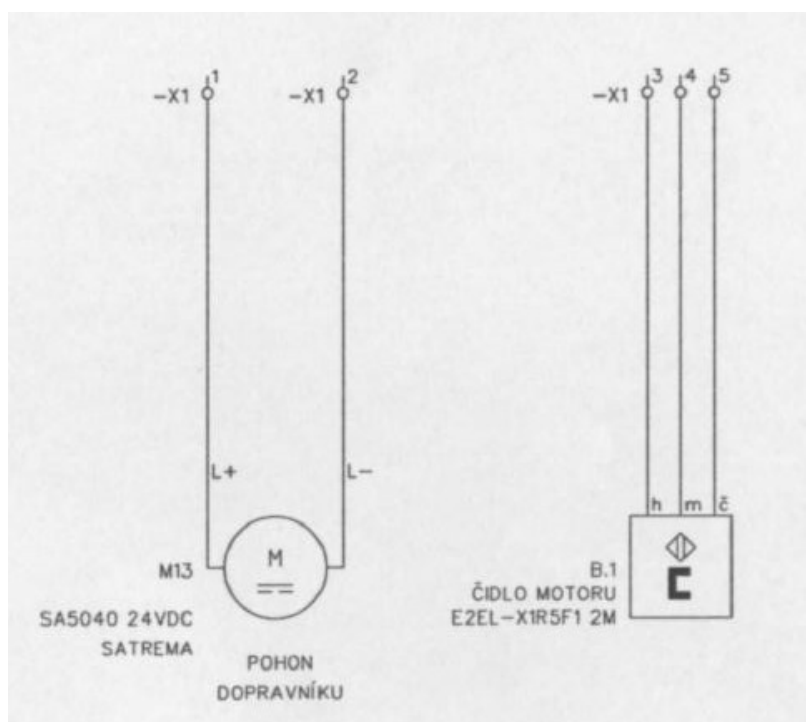
Příloha D: Zásuvný modul 1756-IF6CIS [31]

Jedná se o zásuvný modul programovatelného automatu, konkrétně o analogový vstup. Jak je z přílohy D patrné, modul má 20 zdířek, z toho 6 pro připojení digitálních vstupů, 2 pro připojení GND a 2 pro připojení napájecího napětí. Tento modul se nachází v šasi zásuvných modulů na pozici 6.

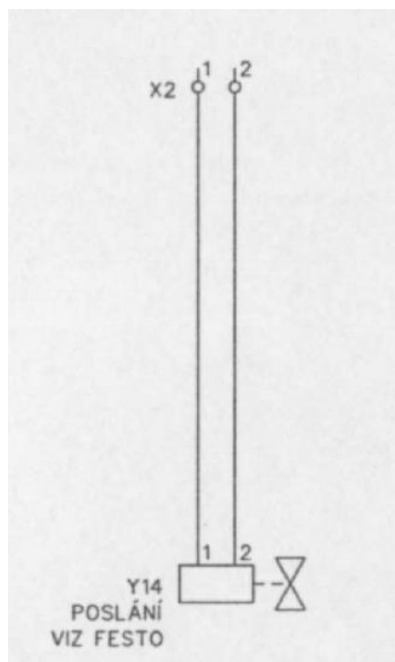




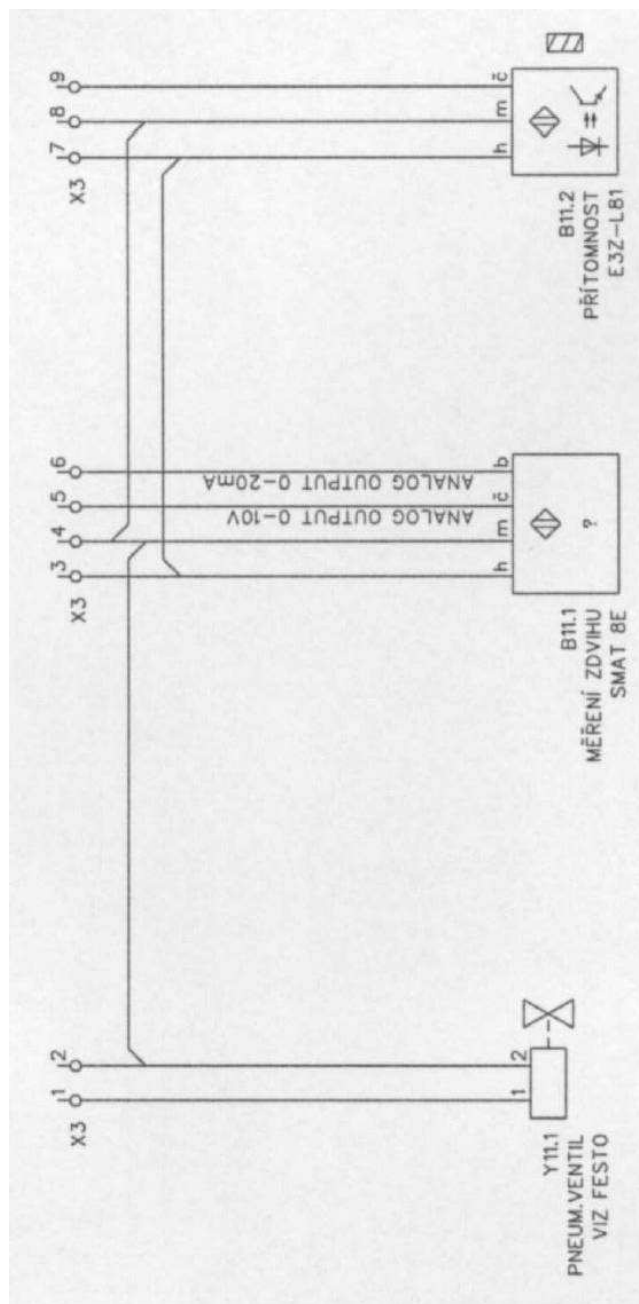
Příloha E: Schéma zapojení stanoviště dopravníkového pásu [32]



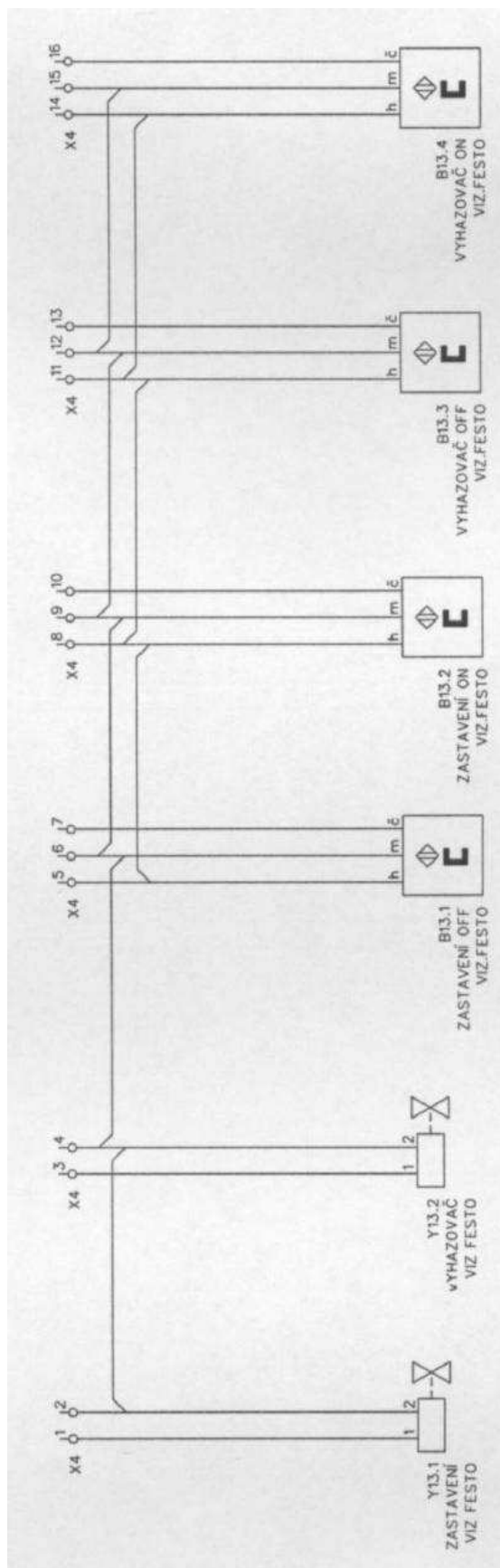
Příloha F: Schéma zapojení stanoviště vstupního zásobníku [33]



Příloha G: Schéma zapojení kontrolního stanoviště [34]



Příloha H: Schéma zapojení stanoviště vyhazovače [35]





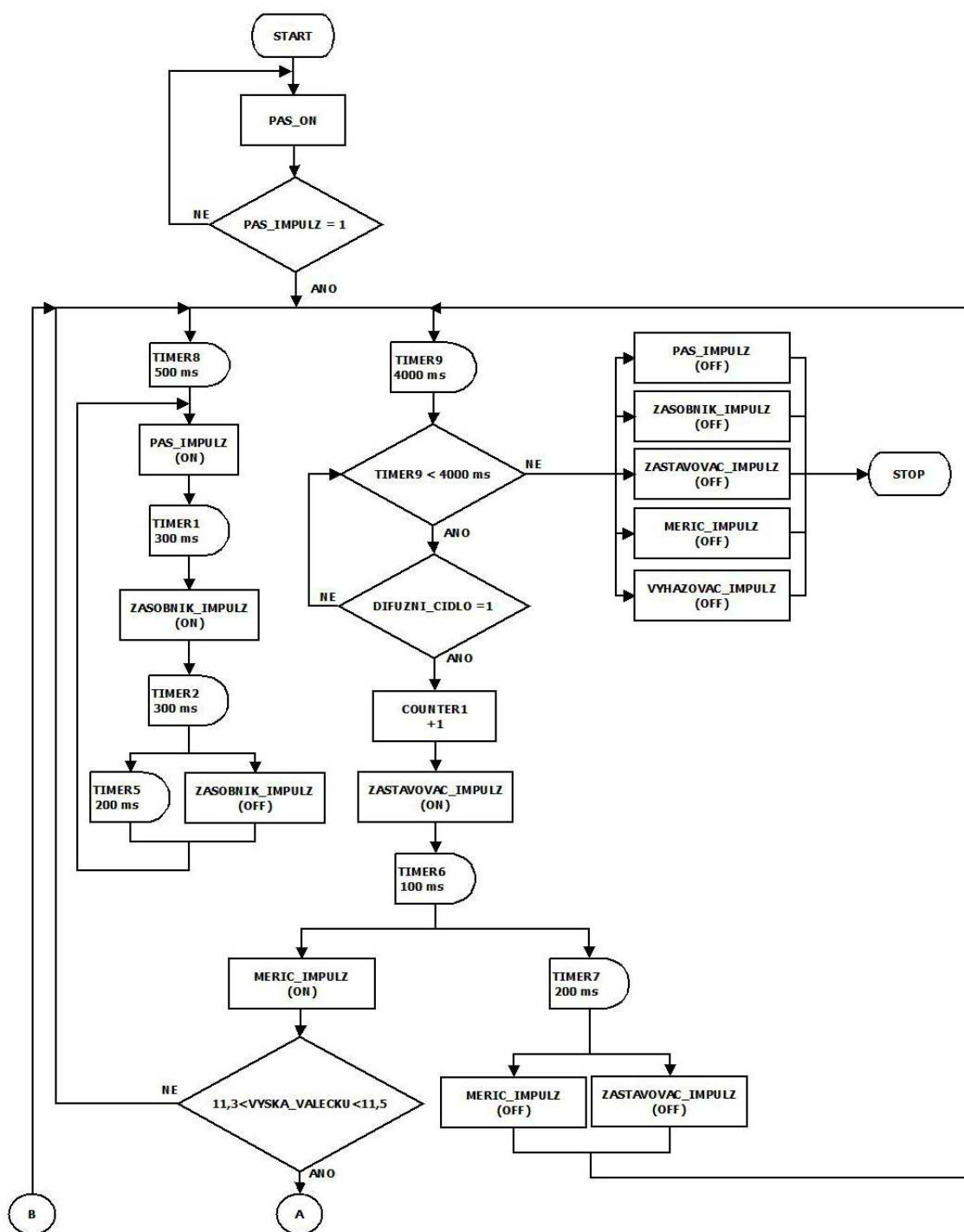
Příloha I: Tabulka proměnných v programu RSLogix

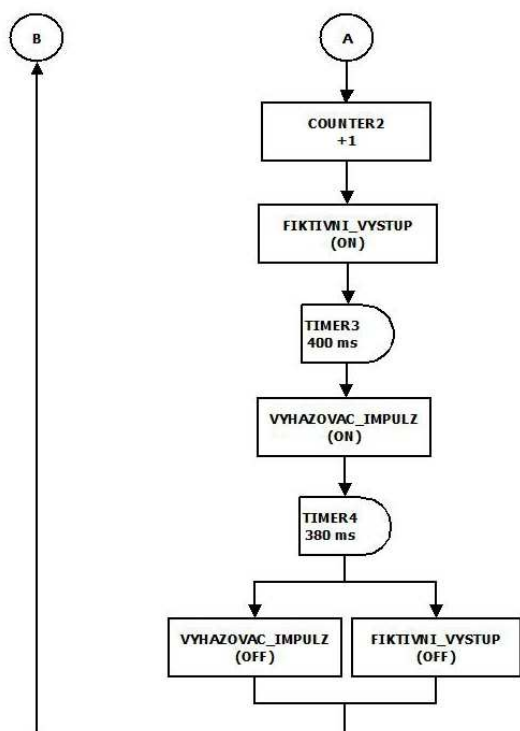
NAME	DESCRIPTION	DATATYPE	SPECIFIER
<i>counter1_celkem</i>	Celkový počet válečků.	COUNTER	-
<i>counter2_vyhazovac</i>	Počet nevyhovujících válečků.	COUNTER	-
<i>difuzni_cidlo_impulz</i>	Snímá přítomnost válečku na kontrolním stanovišti.	-	Local:8:I.Data.2
<i>fiktivni_vystup</i>	Udržuje informaci o dodržní limitu.	BOOL	-
<i>info_prazdny_zasobnik</i>	Ukazuje, zda je zásobník prázdný.	BOOL	-
<i>info_TOTAL_STOP</i>	Ukazuje, zda byl aktivován TOTAL STOP.	-	Local:8:I.Data.12
<i>konstanta_deleni</i>	Konstanta pro získání výšky válečku v [mm].	REAL	-
<i>limit_high</i>	Horní limit.	REAL	-
<i>limit_low</i>	Dolní limit.	REAL	-
<i>meric_impulz</i>	Vysunutí pneumatického prvku (měřič).	-	Local:10:O.Data.8
<i>otacky_motoru</i>	Sledování otáček motoru.	-	Local:6:I.Ch2Data
<i>pas_impulz</i>	Spuštění dopravníkového pásu.	-	Local:11:O.Data.30
<i>pas_on</i>	Tlačítko na spuštění dopravníkového pásu.	BOOL	-
<i>pocet_vyhovujicich_valecku</i>	Počet vyhovujících válečků.	COUNTER	-
<i>reset_counter1_celkem</i>	Nuluje počítadlo counter1_celkem.	BOOL	-
<i>reset_counter2_vyhazovac</i>	Nuluje počítadlo counter2_vyhazovac.	BOOL	-
<i>reset_counter_all</i>	Nuluje počítadla najednou.	BOOL	-
<i>reset_info_prazdny_zasobnik</i>	Nuluje hlášku o prázdném zásobníku.	BOOL	-
<i>timer1_zasobnik_on</i>	Stanovuje, za jak dlouho má být vysunut pneumatický prvek na stanovšti vstupního zásobníku.	TIMER	-
<i>timer2_zasobnik_off</i>	Stanovuje, za jak dlouho má být zasunut pneumatický prvek na stanovšti vstupního zásobníku.	TIMER	-
<i>timer3_vyhazovac_on</i>	Stanovuje, za jak dlouho má být vysunut pneumatický prvek na stanovšti vyhazovače.	TIMER	-
<i>timer4_vyhazovac_off</i>	Stanovuje, za jak dlouho má být zasunut pneumatický prvek na stanovšti vyhazovače.	TIMER	-
<i>timer5_cykl_zasobniku</i>	Zaručuje opakování funkce zásobníku.	TIMER	-



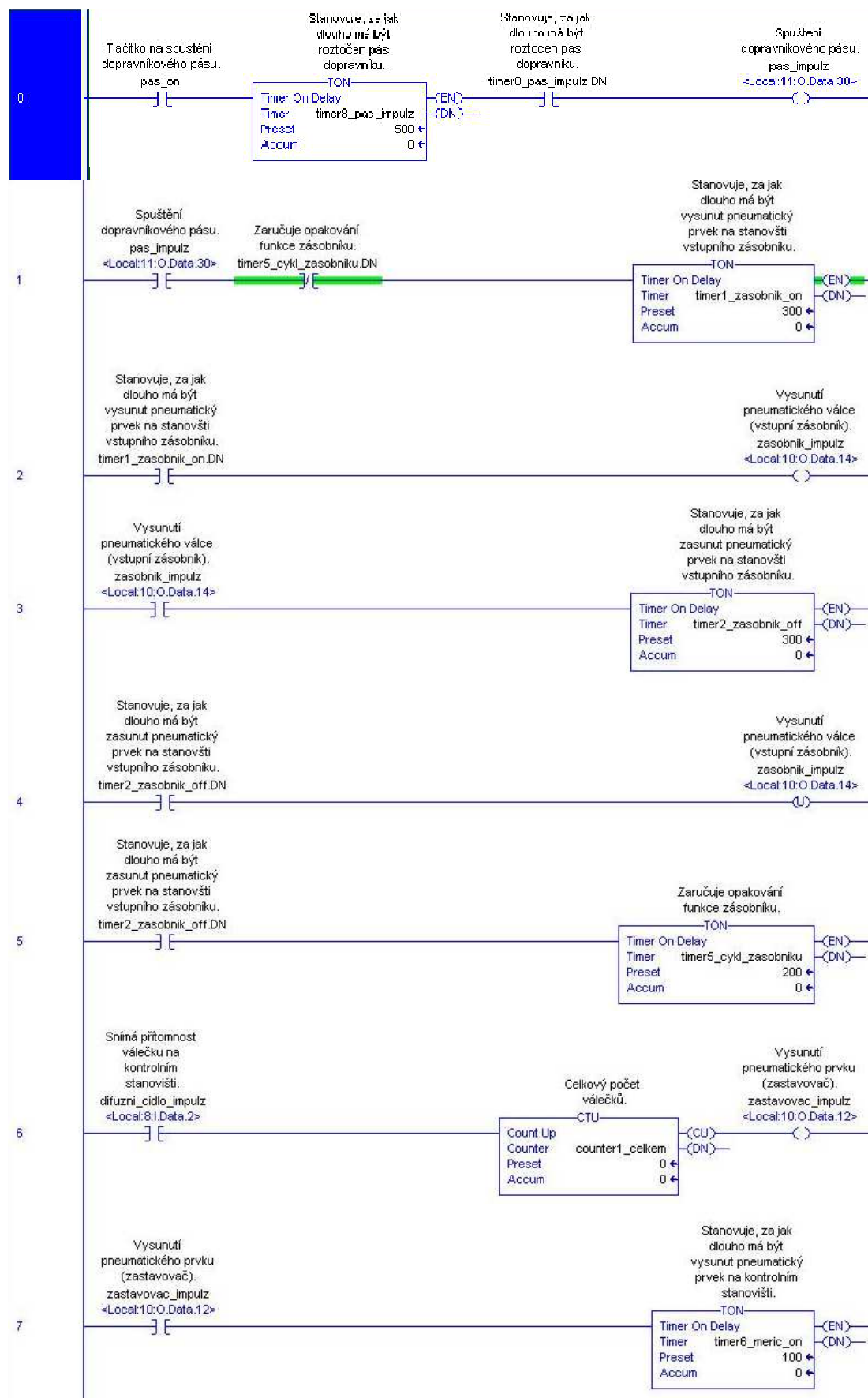
<i>timer6_meric_on</i>	Stanovuje, za jak dlouho má být vysunut pneumatický prvek na kontrolním stanovišti.	TIMER	-
<i>timer7_meric_off</i>	Stanovuje za jak dlouho má být zasunut pneumatický prvek na kontrolním stanovišti.	TIMER	-
<i>timer8_pas_impulz</i>	Stanovuje, za jak dlouho má být roztočen pás dopravníku.	TIMER	-
<i>timer9_pas_off</i>	Stanovuje, za jak dlouho má být vypnut modul dopravníku, pokud je prázdný zásobník.	TIMER	-
<i>vyhazovac_impulz</i>	Vysunutí pneumatického prvku (vyhazovač).	-	Local:10:O.Data.10
<i>vyhazovac_OFF_cidlo</i>	Ukazuje, zda je aktivní vyhazovač.	-	Local:8:I.Data.8
<i>vyhazovac_ON_cidlo</i>	Ukazuje, zda je aktivní vyhazovač.	-	Local:8:I.Data.10
<i>vyska_valecku</i>	Bežná výška válečku.	-	Local:6:I.Ch0Data
<i>vyska_valecku_v_mm</i>	Výška válečku v [mm].	REAL	-
<i>zasobnik_impulz</i>	Vysunutí pneumatického válce (vstupní zásobník).	-	Local:10:O.Data.14
<i>zastaveni_OFF_cidlo</i>	Ukazuje, zda je aktivní zastavovač.	-	Local:8:I.Data.4
<i>zastaveni_ON_cidlo</i>	Ukazuje, zda je aktivní zastavovač.	-	Local:8:I.Data.6
<i>zastavovac_impulz</i>	Vysunutí pneumatického prvku (zastavovač).	-	Local:10:O.Data.12

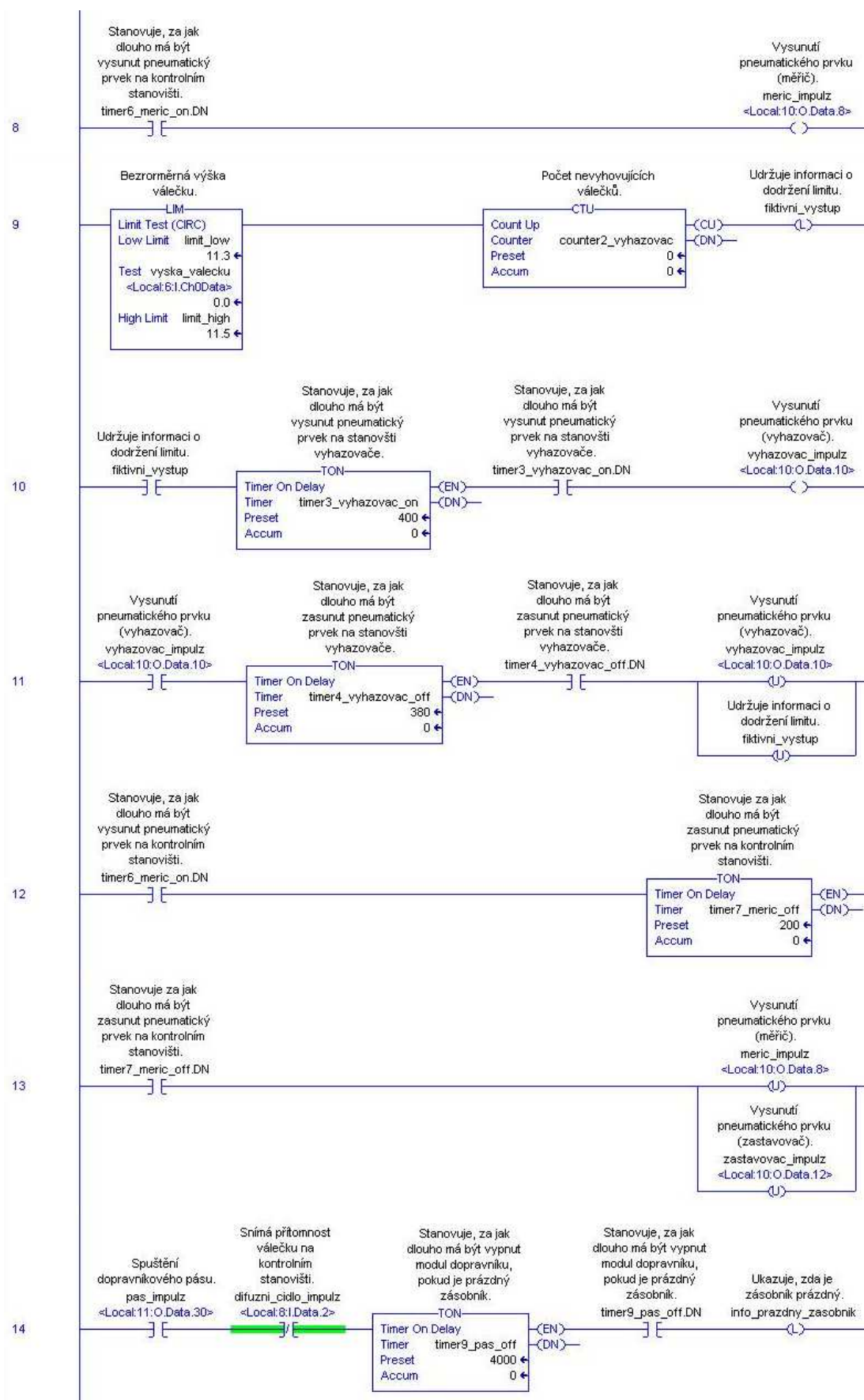
Příloha J: Vývojový diagram pro provoz modelu dopravníku

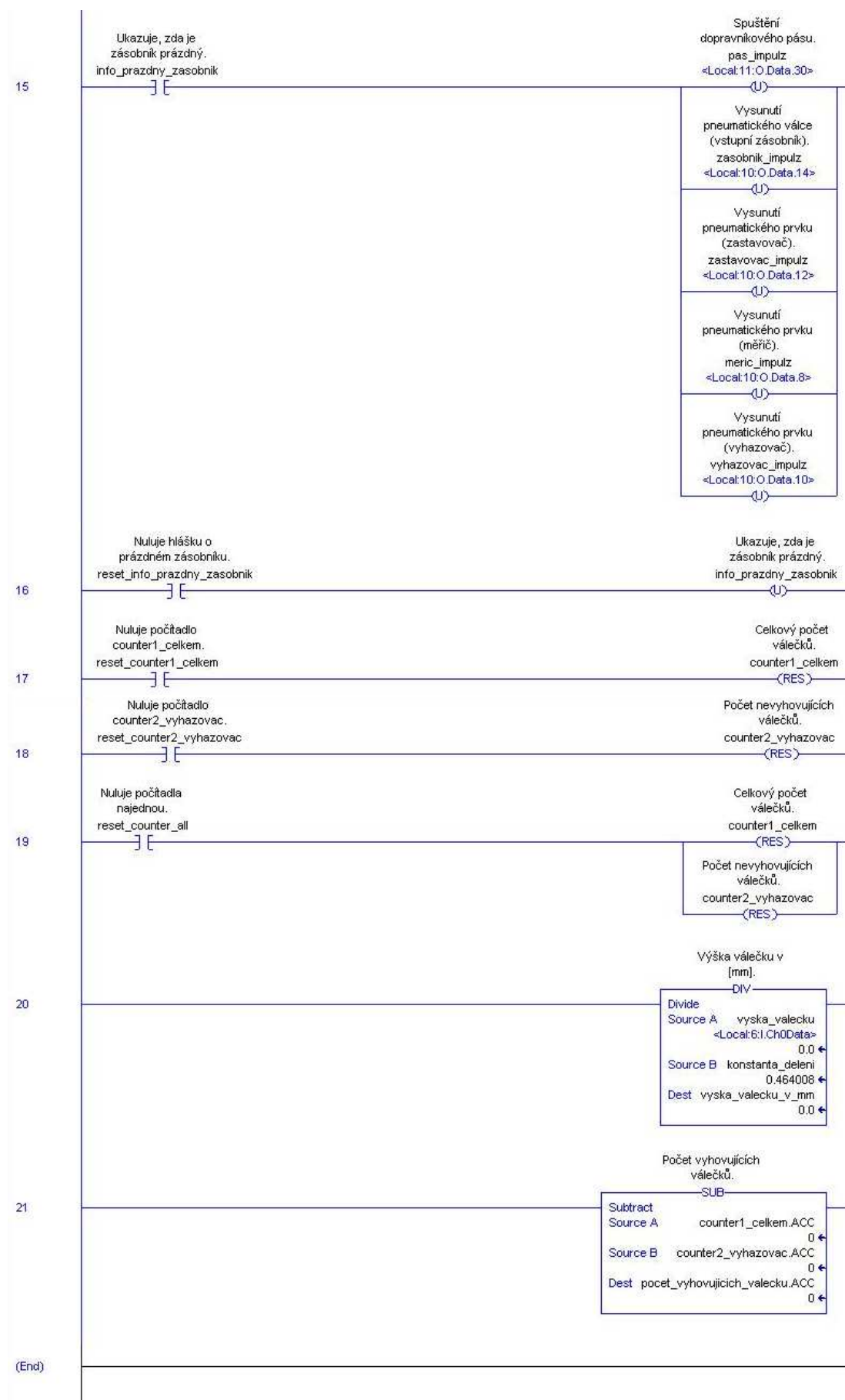




Příloha K: Program v jazyce LD









Příloha L: Tabulka jednotlivých částí modelu dopravníku

Název	Typ	Výrobce	Referenční označení
Elektromotor	SA5040 24VDC	Satrema	M13
Indukční snímač	E2EL-X1R5F1 2M	Omron	B1
Dopravníkový pás	NHM-10EKBV	Habasit	
Svorkovnice	RSA 1,5 A		X1
Plochý válec	EZH-5/20-25-B	Festo	
Elektromagnetický ventil	CPE10-M1BH-3GL-M5	Festo	Y14
Svorkovnice	RSA 1,5 A		X2
Kompaktní válec	ADVU-12-15-A-P-A	Festo	B11.1
Vysílač polohy	SMAT-8E-S50-IU-M8	Festo	
Optický snímač	E3Z-L81 2M	Omron	B11.2
Elektropneumatický ventil	CPE10-M1BH-5L-QS-4	Festo	Y11.1
Jednosměrný škrticí ventil	GRLA-M5-SQ-4-RS-D	Festo	
Svorkovnice	RSA 1,5 A		X3
Pneumatický válec	DSNU-16-80-PPV-A	Festo	
Pneumatický válec	DSNU-16-50-PPV-A	Festo	
Elektropneumatický ventil	CPE10-M1BH-5L-QS4	Festo	Y13.1, Y13.2
Upevňovací sada	SMBR-8-16		
Přibližovací čidlo	SME-8K-LED-24	Festo	B13.1 - B13.4
Tlumiče hluku	UC-M7	Festo	
Svorkovnice	RSA 1,5 A		X4
Svorkovnice	SAK 4/35		X5
Svorkovnice	SAK 4/35		X6
Svorkovnice	SAK 4/35		X7
Svorkovnice	SAK 4/35		X8



Příloha M: Tabulka propojení mezi PLC a modelem

Pin konektoru	Typ PLC modulu	Port PLC modulu	Část stanoviště	Svorkovnice	Port svorkovnice
1	DC output16	17	vstupní zásobník	X2	1
2	DC input32	3	kontrolní stanoviště	X3	9
3	DC output32	33	dopravníkový pás	X1	2
4	DC output16	13	vyhazovač	X4	1
5	nepřipojeno				
6	DC output16	15	vyhazovač	X4	3
7	nepřipojeno				
8	Analog input	3	kontrolní stanoviště	X3	5
9	nepřipojeno				
10	DC output16	11	kontrolní stanoviště	X3	1
11	nepřipojeno				
12	Analog input	9	dopravníkový pás	X1	5
13	nepřipojeno				
14	DC input32	5	vyhazovač	X4	7
15	nepřipojeno				
16	DC input32	7	vyhazovač	X4	10
17	nepřipojeno				
18	DC input32	9	vyhazovač	X4	13
19	nepřipojeno				
20	DC input32	11	vyhazovač	X4	16
21	nepřipojeno				
22	DC input32	13	čelní panel	kontrolka TOTAL STOP	
23	nepřipojeno				
24	GND				
25	Ucc				



Příloha N: Obsah přiloženého DVD

Čidla:

Katalogovy_list_cidla_E2EL-X1R5F1_2M.pdf

Katalogovy_list_cidla_E3Z-L81_2M.pdf

Katalogovy_list_cidla_SMAT-8E-S50-IU-M8.pdf

Katalogovy_list_cisla_SME-8-K-LED-24.pdf

Obecne_informace_cidla_SMAT-8E-S50-IU-M8.pdf

Do výuky:

Navod_na_RSLogix.pdf

Navod_na_RSView.pdf

Pocatecni_inicializace_RSLogix.pdf

Rucni_ovladani.ACD

Uloha.ACD

Uloha_do_vyuky.pdf

Uloha_do_vyuky_reseni.pdf

Jednotlivá stanoviště modelu dopravníku:

Dopravnik.pdf

Kontrolni_stanoviste.pdf

Vstupni_zasobnik_svisly.pdf

Vyhazovac_II.pdf

PanelView:

PanelView_Plus_1000.pdf

PanelViewPlus_UserManual.pdf

PLC moduly:

1756_ControlLogix_IO_Specifications.pdf

1756-PA75_B.pdf



Pneumatické pohony:

ADVU-12-15-A-P-A.pdf

CPE10-M1BH-3GL-M5.pdf

CPE10-M1BH-5L-QS-4.pdf

DSNU-16-50-PPV-A.pdf

DSNU-16-80-PPV-A.pdf

EZH-5_20-25-B.pdf

Katalogovy_list_CPE10-M1BH-5L-QS-4.pdf

Katalogovy_list_kompaktniho_valce_ADVU-12-15-A-P-A.pdf

Katalogovy_list_plocheho_valce_EZH-5_20-25-B.pdf

Katalogovy_list_pneumatickych_valcu_DSNU-16-50-PPV-A, DSNU-16-80-PPV-A.pdf

Kompresor SilentMaster SEM 30-8-4 W.pdf

Program_v_LD.jpg

Promenne.xls

Vizualizace a řízení modelu dopravníku pomocí PAC Rockwell.pdf

Vyvojovy_diagram.jpg